Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Untersuchungen über Helligkeit und Lichtfleckgröße an Dentalscheinwerfern

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des
Doktorgrades der Zahnmedizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

Vorgelegt von

HANS-KARL STURM

aus Stuttgart-Feuerbach

— 1962 —

7248

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Untersuchungen über Helligkeit und Lichtfleckgröße an Dentalscheinwerfern

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des
Doktorgrades der Zahnmedizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

Vorgelegt von

HANS-KARL STURM

aus Stuttgart-Feuerbach

— 1962 —

Dekan: Prof. Dr. K. Brecht
Berichterstatter: Prof. Dr. H. H. Rebel

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Seite

Theoretische Ausführungen

Einleitung und Problemstellung 5
Problematik der Messung 7
Material der Meßeinrichtung 10
(Begriff des Lichtwertes; Photometer)
Methodik der Scheinwerfermessung 12
Technik der Scheinwerfermessung 13
Allgemeine Konstruktionsprinzipien der Scheinwerfertechnik 14

Praktische Untersuchungen

Die einzelnen Scheinwerfertypen . . . . . 19—32
»Lumostar« der Firma Ritter 19
»Duo-Lux« der Firma Ritter 20
Ein Kleinreflektor der Firma Ritter 22
»Primalux« der Siemens-Reiniger Werke 23
»Sirona« der Siemens-Reiniger Werke 25
»Solarite« der Dental Amalgamated London 27
»Luminaire« der Firma Emda, Frankfurt 29
»Drei-Sphären-Licht« der Firma Emda 30
»Pluralux« der Firma Litema, München 30
»Chromophare« der Firma Hüper-Schmidt KG 32
Meßergebnisse aller aufgeführten Scheinwerfertypen . . . . . 33—42

Zusammenfassung 43
Literaturverzeichnis 46
Anhang 48
Lebenslauf 49

Satz und Druck: Christian Gulde, Tübingen

Einleitung und Problemstellung

In der folgenden Abhandlung soll auf eine der Schwierigkeiten, mit denen der Zahnarzt bei der Behandlung eines Patienten zu kämpfen hat, etwas näher eingegangen werden.

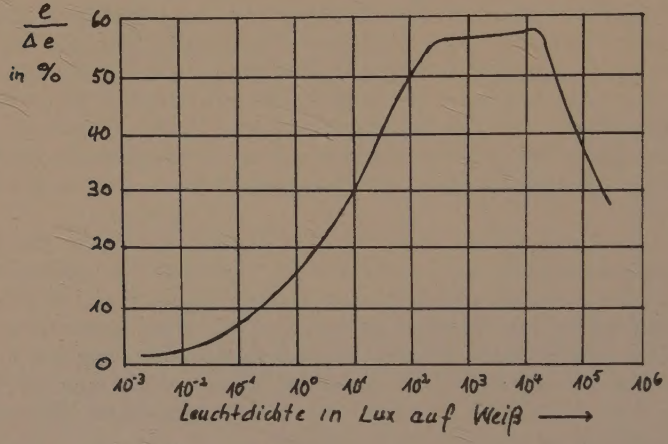
Das Hauptproblem ist die ausreichende Beleuchtung eines Operationsfeldes, das durch seine Kleinheit den Behandler von vornherein vor eine schwierige Aufgabe stellt. Da nur in der Minderzahl der zu behandelnden Fälle eine Direktsicht auf das Operationsgebiet besteht, ist der Behandler auf eine möglichst leistungsfähige Lichtquelle angewiesen, die selbst dann noch eine gute Beobachtung des Arbeitsfeldes gewährleistet, wenn durch dessen ungünstige Lage ein Mundspiegel verwendet werden muß. Das Beschlagen des Spiegels, das sich zwangsläufig durch die veränderten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse in der Mundhöhle einstellt, erschwert den ungehinderten Behandlungsablauf außerordentlich, da mit dem Ausfallen der Beobachtungsmöglichkeit auch die Lichtreflektion auf das Behandlungsfeld zurückgeht.

Eine weitere Erschwerung liegt in der Tatsache begründet, daß der von der Operationslampe herkommende Lichtstrahl und der Sehstrahl des Behandlers keine optische Parallelität aufweisen kann, da diese von zwei räumlich verschiedenen Punkten ihren Ursprung nehmen. Es treten dann z. B. bei der Kavitätenpräparation tote, nicht genügend ausgeleuchtete Winkel auf, die eine exakte Diagnose und folgerichtige Therapie in Frage stellen. Diese Punkte könnten durch eine Erhöhung der Lichtleistung zwar aufgehellt werden; eine damit verbundene Wärmezunahme würde den Patienten jedoch ungünstig beeinflussen.

Erregungserscheinungen des Patienten, die während der Behandlung immer vorhanden sind, steigen unter der Wärmeeinwirkung noch weiter an, sodaß unerwünschte Reaktionen wie vermehrter Speichelfluß, Hyperämie, Abwehrbewegungen usw. die Folge sind. Aus diesem Grunde muß bei der Konstruktion eines modernen Dentalscheinwerfers trotz der geforderten hohen Lichtleistung an einen wirkungsvollen Wärmeschutz gedacht werden, wenn nicht die oben erwähnten Nachteile eintreten sollen. (J. Kominék und L. Srp, 26).

Das zahnärztliche Beleuchtungsproblem findet seine restlose Erfüllung nicht nur in der Konstruktion einer zweckmäßigen und leistungsfähigen Operationslampe. Es soll dabei von der Tatsache ausgegangen werden, daß der Einblick in die hellerleuchtete Mundhöhle eine Empfindlichkeitsanpassung des Auges bewirkt. Sie wird manifestiert in einer Verengerung der Pupille, die reflektorisch durch die Intensität des einfallenden Lichtes gesteuert wird. Auf diese Weise ist dafür gesorgt, daß der Netzhaut die jeweils äquivalente Lichtmenge angeboten wird. Ein Zuwenig an Licht kommt für die Augen des Behandlers in dem Moment zur Auswirkung, wo dieser seinen Blick von der Mundhöhle abwendet. Plötzlich verringert sich der Lichtstrom zur Retina und auf dem Weg der Adaptation öffnet sich die Pupille so weit, bis die Netzhaut wieder die ursprüngliche Lichtmenge erhält. Wenn dieser Vorgang auch unserem Willen entzogen ist, so beansprucht er doch eine gewisse Muskelkraft. Mit der Zeit sind Ermüdungserscheinungen die unausbleiblichen Folgen, die sich in Brennen und Tränen der Augen sowie im Nachlassen der Sehkraft äußern.

Eine wirksame Abhilfe erreicht man nur durch das Anheben der Umgebungslichtwerte. Sie sollten mindestens den zehnten bis fünfzehnten Teil der in der Mundhöhle herrschenden Helligkeit betragen. Eine leistungsfähige Raumbeleuchtung mit zusätzlichen Kosten für Beleuchtungskörper, Installation und elektrischer Energie ist die unausweichliche Konsequenz.
Nach Drum (3) ist die Unterschiedsempfindlichkeit des menschlichen Auges und damit der Anlaß zur Adaptation bei verschiedenen Lichtwerten unterschiedlich hoch.



Abhängigkeit der Unterschiedsempfindlichkeit des Auges von der Adaptationsleuchtdichte (Umzeichnung nach W. Drum aus ZR 1931, S. 2222)

Der Wert $\frac{e}{\Delta e}$ beträgt zwischen 200 und ca. 20 000 Lux etwa 55 bis 60%. In dem angegebenen Bereich wird also ein Helligkeitssprung von ca. 60% der Ursprungshelligkeit nach oben und unten erst vom Auge wahrgenommen und eine Adaptation veranlaßt. Mit abnehmender Lichtstärke wird $\frac{e}{\Delta e}$ kleiner, die Unterschiedsempfindlichkeit größer und eine Anpassung setzt schon zwischen wesentlich näherliegenden Luxwerten ein.
Die an dieser Stelle herausgegriffenen Probleme behelligen nicht nur den Zahnarzt, sie veranlassen auch die Konstrukteure in der Dentalindustrie, immer neuere Erkenntnisse zu verwerten. Von der Eignung der daraus resultierenden Ergebnisse hängt es ab, inwieweit die Arbeitsbedingungen des Zahnarztes verbessert werden können.

Folgende Dentalscheinwerfer kamen zur Untersuchung:

»LUMOSTAR«	der Firma Ritter, Durlach (Baden)
»DUO-LUX«	der Firma Ritter, Durlach (Baden)
ein Kleinreflektor	der Firma Ritter, Durlach (Baden)

»PRIMALUX«	der Firma Siemens-Reiniger-Werke
»SIRONA«	der Firma Siemens-Reiniger-Werke
»PLURALUX«	der Firma Lechner Co., München 9
»SOLARITE«	der Dental Amalgamated, London
»LUMINAIRE«	der Firma Emda, Frankfurt
»3-Sphären-Licht«	der Firma Emda, Frankfurt
»CHROMOPHARE«	der Firma Hüper-Schmidt KG, Hannover.

Die Daten und Eigenschaften dieser Dentalscheinwerfer sollen dem Interessenten Gelegenheit bieten, Vergleiche über die Leistungsfähigkeit und Grenzen der einzelnen Fabrikate anzustellen.
Exakte Angaben über Helligkeit, Lichtfleckgröße und Lichtverteilung innerhalb des Lichtfleckes, die bis dahin noch nicht bestanden hatten, werden im Rahmen dieser Arbeit aufgeführt und gegenüber gestellt. Eine meßtechnisch einwandfreie Untersuchungsreihe bürgt für die Verläßlichkeit der ermittelten Werte.

Problematik der Messung

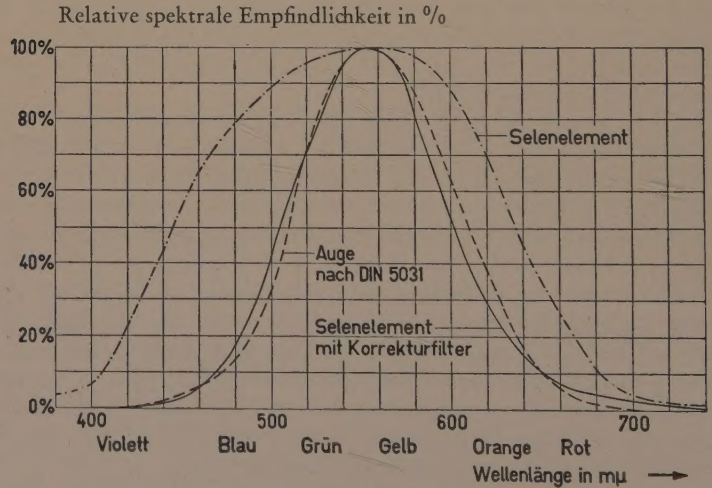
Um möglichst genaue Meßergebnisse zu erzielen, wurde das photoelektrische Prinzip angewandt. Dazu soll eine kurze Erläuterung vorausgeschickt werden.
Eine Photozelle ist mit einem elektrischen Meßinstrument verbunden. Fällt ein Lichtstrahl auf diese Photozelle, so ändert sich der innere Widerstand der Photozelle umgekehrt proportional der auftreffenden Helligkeit. Als Nachteil muß gewertet werden, daß bei dieser Meßschaltung eine in den Stromkreis eingeschaltete Stromquelle benötigt wird. Nur wenn diese einen konstanten Stromfluß garantiert, ist das erzielte Meßergebnis brauchbar.
Die überwiegend monochromatische Einstellung dieser sogenannten Alkaliphotozellen ist ein weiterer Nachteil, der gegen die Verwendung in der vorgesehenen Meßanordnung spricht. Sie haben ihre größte Empfindlichkeit also nur in einem bestimmten, relativ schmalen Spektrum des sichtbaren Lichtes oder auch dessen angrenzenden Wellenlängen. Die spektrale Empfindlichkeit kann somit bis ins Infrarot und ins Ultraviolett ausgedehnt werden, wobei einmal die Wärmestrahlung abgetastet wird, im anderen Falle wird der Kurzwellenanteil des Lichtes angezeigt. Zur Gattung der Alkaliphotozellen gehören die Natrium-, Kalium-, Zäsium-, Lithiumzellen, die jeweils andere spektrale Empfindlichkeiten besitzen. Gegen Überbelichtung sind sie sehr empfindlich, eine Eichung kann also nur in einem bestimmten Helligkeitsbereich vorgenommen werden. Eine Alterung der Photozellenkathode tritt auch während des normalen Betriebes auf, die im Laufe der Zeit eine nicht unerhebliche Abweichung des Meßergebnisses bewirkt.
Mischkathodenphotozellen zur Abtastung von weißem Licht finden vor allem in der Kino- und Fernsehtechnik weite Verwendung.
Der innere Widerstand sämtlicher Alkaliphotozellen ändert sich streng proportio-

nal der auftreffenden Helligkeitsänderung; er ist vor allem trägheitslos in seiner Reaktion.

Von ganz anderer Natur sind die Halbleiterphotozellen. Auf Grund ihres anderen Aufbaues, der in seinem Wesen bis in den mikroskopischen Bereich geht, erzeugen sie bei Belichtung einen elektrischen Strom. Diese Stromerzeugung kann in einer Mobilisierung der in dem verwendeten Halbleiter vorhandenen freien intermolekularen Elektronen durch die auftreffende Lichtenergie (Photonen) erklärt werden. Es läßt sich allerdings auch bei ihnen eine helligkeitsabhängige Widerstandsänderung feststellen. Die erzeugte Stromstärke hängt von der Art des verwendeten Halbleiters wie Selen, Silizium und Germanium ab. In zweiter Linie spielt die flächenmäßige Größe, die Art und Dicke der aufgedampften Gegenelektrode eine Rolle. Die am häufigsten verwendete Photozelle auf Halbleiterbasis ist die Selenzelle, deren aktives Material in großem Umfang in der Radio-, Fernseh- und Elektrotechnik Verwendung findet. Als lichtelektrischer Schalter hat die Selenzelle in der Steuer- und Regeltechnik weiteste Verbreitung gefunden.

Die Selenzelle vereint in sich große Handlichkeit bei geringem Gewicht, großer Stoßunempfindlichkeit und hoher Lichtempfindlichkeit. Allerdings geht die Abhängigkeit zwischen der auftreffenden Lichthelligkeit und der erzeugten Stromstärke nur bis zu einer gewissen Grenze, bei größerer Helligkeit wird die aktive Schicht geschädigt und bleibt danach in der Stromstärke zurück. Eine Eichung des angeschlossenen Meßinstrumentes wird dadurch natürlich hinfällig.

Ein großer Vorteil der Selenzelle liegt in ihrer gleichmäßigen Empfindlichkeit für weißes Licht, die spektrale Empfindlichkeit weicht jedoch von derjenigen des menschlichen Auges ab. Bei Verwendung des Selenelementes mit Korrekturfilter kann die Augenkurve (nach DIN 5031) mit praktisch ausreichender Genauigkeit erreicht werden. Das nachfolgende Kurvenbild möge dies verdeutlichen.



Kurvenbild, das die Abweichung der spektralen Empfindlichkeit des Selenelementes von derjenigen des menschlichen Auges zeigt (nach Angaben der Firma Metrawatt AG, Nürnberg)

Zur technischen Verwendung der für eine Helligkeitsmessung bestimmten Selenzelle muß noch hinzugefügt werden, daß bei der Eichung eine bestimmte Farbtemperatur eingehalten werden muß. Für Kunstlicht liegt dieser Wert bei 2 800° Kelvin, was der Temperatur eines 2 527° heißen Körpers, gemessen in °Celsius, entspricht. Tageslicht hat die Farbtemperatur ca. 6 000° Kelvin, dieser Wert entspricht etwa der absoluten Temperatur der Sonnenoberfläche.
Da die zu vermessenden Scheinwerfer mit Metallfadenlampen bestückt sind, ist ein Photometer mit Kunstlichteichung erforderlich. Nur dann ist die Gewähr vorhanden, daß bei der Messung der während des Betriebes etwa 2 600° bis 2 800° Celsius heißen Glühfäden die vom Meßinstrument angezeigten Werte der Wirklichkeit entsprechen. Leuchtstoffröhren erzeugen eine Helligkeit mit tageslichtähnlicher Charakteristik, ihr Licht hat ähnlich wie Hg- und Na-Leuchten oder Gasglühlicht eine andere spektrale Zusammensetzung. Die bei ihrer Messung angezeigten Werte müssen daher mit entsprechenden Korrekturfaktoren multipliziert werden.

Nach Firmenangaben der Metrawatt AG, Nürnberg, gelten bei Verwendung des Photometers ohne Augenkorrekturfilter folgende Faktoren:

Quecksilberdampflampe Mitteldruck	1,25
Natriumdampflampe	1,35
Mischlicht (Hg-Licht — Glühlampenlicht) 1 : 1 . . .	1,15

Für Leuchtstofflampen gelten folgende Korrekturfaktoren:

Tageslicht weiß	1,05
(Osram HNT, Philips TL . . . /55)	
Weiß	1,20
(Osram HNW, Philips TL . . . /33)	
Warmton	1,20
(Osram HNG, Philips TL . . . /29)	
Weiß 4 500 (Sylvania)	1,10

Für alle angegebenen Werte gilt ein Unsicherheitsfaktor von ± 0,05.

Material der Meßeinrichtung

Der Begriff des Lichtwertes

Bevor die Meßeinrichtung näher beschrieben werden soll, müssen noch einige Definitionen über die Lichtstärke und die davon abhängigen Maßgrößen erklärt werden.

Da die Energieform »Licht« in sehr verschiedenen Erscheinungsformen in Bezug auf Helligkeit, Farbe und damit Wellenlänge sowie in unterschiedlicher Farbtemperatur auftreten kann, wurde schon frühzeitig nach einer Einrichtung gesucht, mit deren Hilfe man jederzeit eine bestimmte Lichthelligkeit zu Meßzwecken reproduzieren konnte. Es ist das Verdienst des am 27. 4. 1845 in Aschaffenburg geborenen Friedrich von Hefner-Alteneck, der während seiner Tätigkeit als Elektrotechniker bei Werner von Siemens im Jahre 1883 die heute noch gebräuchliche Lichtstärkeeinheit, die Hefnerkerze, eingeführt hat.

Nach von Hefner-Altenecks Angaben ist die Hefnerkerze eine mit Amylacetat gespeiste Lampe mit 8 mm Dochtdurchmesser und 40 mm Flammenhöhe, deren sämtliche Abmessungen genau vorgeschrieben sind. Ihr Licht hat in einem Meter Abstand die Helligkeit *ein Hefner-Lux*. 1940 wurde die Definition Hefnerkerze von der Neukerze (NK) abgelöst. Zwischen ihr und der Hefnerkerze (HK) bestehen folgende Relationen:

1 NK (Neukerze oder Lux) = 1,16 HK (Hefnerkerzen) = 0,98 Intern. Kerzen.

Die seit 1940 zur Norm erhobene Neukerze wird folgendermaßen festgelegt:

Die Leuchtdichte des sog. »schwarzen Körpers« beträgt bei der Schmelztemperatur des Platins (1 773° Celsius) = 60 NK/cm².

In weiterer Ausführung dieser Definition beträgt also die Helligkeit, die von 1 cm² Oberfläche des schmelzenden Platins ausgeht, in einem Meter Entfernung 60 NK oder 60 Lux.

Nachdem nun die theoretischen Grundlagen des Lichtwertes gegeben sind, soll auf die Meßeinrichtung selbst eingegangen werden. Zur Verfügung stand eine Photozellen-Meßinstrumentkombination der Firma Metrawatt AG, Nürnberg, mit der Typenbezeichnung »Tavolux 2«, bei der die Lichthelligkeit durch Umsetzung in eine elektrische Spannung entsprechend gemessen und angezeigt wird.

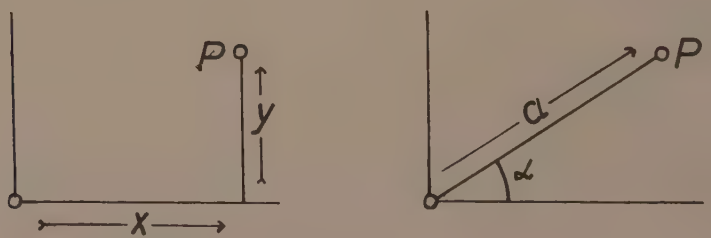
Die Photometerausrüstung besteht aus einer Selenphotozelle, die über ein ca. ein Meter langes Kabel mit Steckanschlüssen an ein Drehspulmeßwerk angeschlossen werden kann. Die Trennung der Selenzelle von dem anzeigenden Instrument hat den Vorteil, daß die Helligkeit auch an unzugänglichen Stellen gemessen werden kann. Das an die Photozelle angeschlossene Meßinstrument ist ein Drehspulmeßwerk hoher Qualität mit stoßgeschützt gelagertem Zeiger. Als Gütewert der Anzeige wird von der Herstellerin eine Eichtoleranz von unter 1% Abweichung vom Realwert angegeben. Die Ablesung erfolgt auf 2 Skalen mit 0—100 Lux und 0—1000 Lux Endausschlag, die über einen Schalter wahlweise eingeschaltet werden können.

Photometerkombination vom Typ »Tavolux 2« der Firma Metrawatt AG, Nürnberg, bestehend aus Photozelle mit Verbindungskabel, Anzeigeinstrument und Platinopalfilter zur Lichtwertreduzierung um den Faktor 1 : 100

Bei der Messung mußte die hohe Lichtstärke Beachtung finden, die neuzeitliche Dentalscheinwerfer erzeugen. Die Photometergrundausrüstung bewältigt maximal Lichtwerte von 1 000 Lux; ihre Empfindlichkeit ist jedoch für die Messung von Scheinwerfern viel zu hoch. Im Zentrum der jeweils auftreffenden Lichtstrahlen sind von vornherein Werte in der Größenordnung von 5 000—15 000 Lux zu erwarten. Die Herstellerfirma liefert für die Messung solch hoher Werte ein auf die Photozelle passendes Platinopalglasfilter, das auf die Photozelle aufgesteckt, deren Empfindlichkeit um den Faktor 1 : 100 reduziert. Auf diese Weise sind mit der 100 Lux-Skala Messungen bis 10 000 Lux und bei Umschaltung auf die 1 000 Lux-Skala Ablesungen bis 100 000 Lux möglich. Diese Schalterstellung erlaubt sogar Direktmessungen des Sonnenlichtes, die Werte liegen in den Sommermonaten bei wolkenlosem Himmel um die Mittagszeit bei 90 000 bis 110 000 Lux. Ein weiterer Vorteil, den dieses Filter bietet, ist außer der Meßbereichserweiterung auf das jeweils Hundertfache des eingestellten Bereiches der Schutz der empfindlichen Photozelle vor Überlastung, die ohne Filter durch übergroße Helligkeit möglicherweise zerstört werden könnte.

Methodik der Scheinwerfermessung

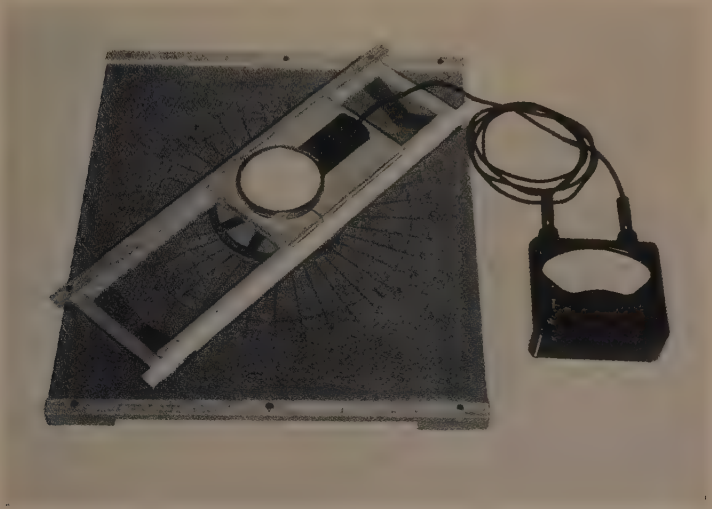
Jeder Scheinwerfer erzeugt beim Anstrahlen einer Fläche, die zum auftreffenden Lichtstrahl senkrecht steht, einen von der Scheinwerferkonstruktion in Form, Größe und Helligkeit abhängigen Lichtfleck. Um diesen Lichtfleck nun mit seinen verschiedenen Helligkeitsabstufungen exakt zu erfassen, muß eine Vorrichtung konstruiert werden, die es gestattet, die Photozelle zu jedem beliebigen Punkt innerhalb des Lichtfleckes zu schieben.
Die Koordinaten dieses Punktes müssen dabei jederzeit feststellbar sein, da sie zur Übertragung auf die maßstabgetreue Zeichnung benötigt werden.
Zwei Möglichkeiten kommen dazu in Frage:
Das rechtwinklige Koordinatensystem und das Polarkoordinatensystem. Da nach längerer Überlegung das letztere gewählt wurde, sollen hier die Gründe dargelegt werden:
Beim rechtwinkligen Koordinatensystem ist das Auffinden von Punkten gleicher Helligkeit mehr oder minder eine Frage des Probierens, da die Photozelle auf zwei Achsen gleichzeitig hin- und hergeschoben werden muß. Daraus ergibt sich auch die doppelte Anzahl von Ablesungen.
Mit Hilfe des Polarkoordinatensystems löst man jedoch das Problem des Auffindens von Punkten gleicher Helligkeit auf einfache Weise: Die Linie, auf der die Photozelle hin- und hergleitet, ist um einen Punkt drehbar und kann somit unter verschiedenen Winkeln eingestellt werden. Es wird also die Steigung dieser Linie verändert. Um einen eingestellten Punkt exakt zu bestimmen, braucht man nur den Abstand dieses Punktes von dem gewählten Mittelpunkt anzugeben und die Steigung der diese beiden Punkte verbindenden Geraden festzustellen, während das rechtwinklige Koordinatensystem die Angabe der Beziehungen zu einem Achsenkreuz erforderlich macht, um die genaue Lage des Punktes zu erhalten.



Lage und Lagebestimmung eines Punktes beim rechtwinkligen Achsenkreuz und im Polarkoordinatensystem

Technik der Scheinwerfermessung

Eine quadratische Grundplatte besitzt im Schnittpunkt ihrer Diagonalen ein senkrecht stehendes Lager, in dem sich eine Metallachse frei drehen kann. Auf diese Achse wurde eine Schiene montiert, in der die in ein Gehäuse eingebaute Photozelle hin- und hergeschoben werden kann. Die Schiene ist um die Achse drehbar, und mit dem die Photozelle enthaltenden Schlitten kann jeder Punkt auf der Grundplatte erreicht werden. Die Schiene besitzt außerdem eine Zentimeterskala, die vom Mittelpunkt aus nach beiden Seiten zählt. Das Achslager selbst ist der Mittelpunkt eines Kreises, der zur Bestimmung der Schienensteigung eine Gradeinteilung mit Gradabständen von 10° ansteigend bis 360° besitzt.



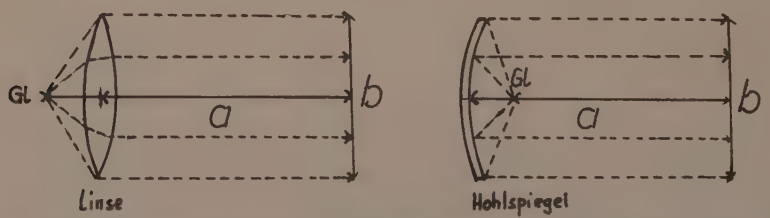
Gesamtansicht der Meßplatte, eingerichtet für Messungen nach dem Polarkoordinatensystem und wahlweise nach dem rechtwinkligen Koordinatensystem, mit aufgesetzter Photozelle und separatem Anzeigeinstrument

Zu Beginn der Messung schiebt man den Mittelpunkt der Lichteintrittsöffnung in der Photozelle über den Drehpunkt der Schiene und sucht in dieser Stellung durch Verschieben der Grundplatte das Helligkeitsmaximum des auf die Grundplatte gerichteten Lichtstrahles auf. Vorteilhafterweise steht die gesamte Meßeinrichtung auf einem Stuhl, und der Lichtstrahl wird mit Hilfe eines Lotes genau senkrecht ausgerichtet. Der Abstand vom Scheinwerfer muß dabei jeweils gleich sein, um Vergleichsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Scheinwerfertypen erzielen zu können.

Dann wird auf dem angeschlossenen Instrument die Maximalhelligkeit abgelesen. Nun schiebt man die Photozelle auf der Schiene bis zum Rande des Lichtflecks und macht eine Reihe von Messungen in der Weise, daß man vorher festgelegte Luxwerte mit der Photozelle unter Zuhilfenahme des Meßinstrumentes durch Hin- und Herschieben heraussucht und danach jeweils den Abstand vom Achsenmittelpunkt abliest.
Nach Erreichen des Lichtfleckrandes wird die Schiene um 10° oder 20° weitergedreht und die gleichen Luxwerte werden herausgesucht. Die Abstände vom Mittelpunkt trägt man dann jeweils wie abgelesen in das Meß-Schema ein. Die sinngemäße und maßgetreue Übertragung auf Papier ergibt schließlich das für jedes Fabrikat typische Schaubild. Für die Zeichnung erwies sich der Verkleinerungsmaßstab 1 : 2 als der günstigste.

Allgemeine Konstruktionsprinzipien der Scheinwerfertechnik

Im folgenden Abschnitt sollen durch eine Einführung in die Scheinwerfertechnik die unter den Kapiteln »Lampenbesprechung« erarbeiteten Meßwerte und Schaubilder erläutert werden.
Von einem idealen Scheinwerfer wird verlangt, daß dieser einen Lichtstrahl mit parallelem Strahlengang aussendet, was konstruktionsmäßig allerdings eine große Genauigkeit aller lichtbrechenden Elemente voraussetzt. Zur Erfüllung dieser Voraussetzung wird eine starke punktförmige Lichtquelle in den Brennpunkt eines Rotationsparaboloids oder besser gesagt eines Parabolspiegels gesetzt. Der Hohlspiegel kann jedoch auch durch eine Linse ersetzt werden. Bei der Hohlspiegelausführung wird die Glühlampe vor dem Spiegel in Richtung des abgestrahlten Lichtes angeordnet, der Brennpunkt des Hohlspiegels ist mit dem Glühfaden der Scheinwerferlampe identisch. Bei der Linsenausführung sitzt die Glühlampe hinter der Linse im Brennpunkt, ihr Licht muß durch dieselbe hindurchtreten, wobei gleichzeitig die erforderliche Bündelung erfolgt.



Skizzen der Scheinwerferprinzipien mit Fokussierung durch Linsen und Hohlspiegel, Erzeugung von parallelstrahligem Licht
(Beibehaltung der konstanten Größe »b« auch bei Änderung des Beleuchtungsabstandes »a«)
»b« = Durchmesser des erzeugten Lichtfleckes; Gl = Glühlampe

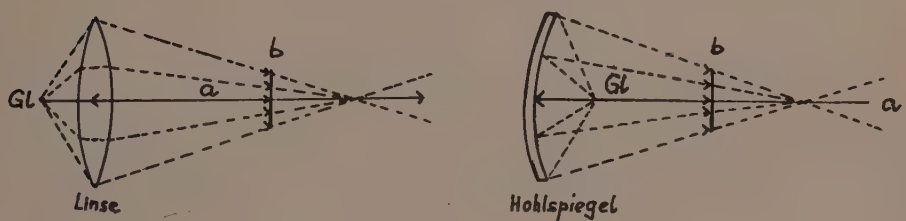
Das erzeugte parallelstrahlige Lichtbündel vereinigt sich erst im Unendlichen zu einem Abbild des Glühfadens, d. h. auch in größerer Entfernung von dem Scheinwerfer wird der Lichtstrahl beim Auftreffen auf eine ebene Fläche einen Lichtfleck erzeugen, dessen Größe und Form von der Hohlspiegel- oder Linsenform abhängt. Zur Erläuterung dieses Gedankenganges stelle man sich vor, daß von jedem Punkt des Hohlspiegels oder der Linse ein Lichtstrahl ausgeht, dessen Achsenrichtung zu allen anderen Lichtstrahlen parallel verläuft. Beim Schnitt dieses Lichtstrahlenbündels durch eine Fläche ergeben sich natürlich die oben erwähnten Schlußfolgerungen.

In der Dentalscheinwerferindustrie strebt man ein möglichst parallelstrahliges Lichtbündel an, da die unten aufgeführten Forderungen nur mit dieser Voraussetzung erfüllt werden können.

Der erste und wichtigste Grund ist die optimale Blendfreiheit (Drum, 5). Ein solcher Scheinwerfer kann auf die Mundpartie gerichtet werden, ohne die Augen im Geringsten zu blenden.

Dieser Scheinwerfer besitzt ferner einen für die entsprechende Spiegel- oder Linsengröße bestmöglichen Wirkungsgrad. Hierdurch wird der Forderung eines günstigen Verhältnisses zwischen Lichtausbeute oder Helligkeit und Stromverbrauch entsprochen. Ein niedriger Stromverbrauch reduziert gleichzeitig die als lästige Beigabe empfundene Wärmeentwicklung.

Ein weiterer Grund ist konstruktiver Natur. Im Vorherigen wurde der Beweis erbracht, daß der »ideale« Scheinwerfer einen von der Spiegel- oder Linsenform abhängigen Lichtstrahl erzeugt, welcher dann auf einer ebenen Fläche den entsprechenden Lichtfleck abbildet. Da in praxi nur die Mundhöhle ausgeleuchtet werden soll, ist die Reflektorgröße bereits festgelegt. Ein größerer Spiegel hat zwar einen höheren Wirkungsgrad, der Lichtfleck wird jedoch entsprechend größer, es sei denn, man strebt eine Abbildung des Glühfadens an. Damit werden aber die Vorteile, die das parallelstrahlige Licht mit sich bringt, aufgehoben. Die Glühfadenabbildung tritt bei diesem Scheinwerfer nur in einer ganz bestimmten Entfernung ein und ist von den Eigenschaften des Reflektors oder der Linse sowie dem Abstand des Glühfadens zum Spiegel oder der Linse abhängig.



Skizzen der Scheinwerferprinzipien mit Fokussierung durch Linse und Hohlspiegel, Erzeugung von gebündeltem Licht

(Änderung des Lichtfleckdurchmessers »b« bei Änderung des Beleuchtungsabstandes »a«)
Gl = Glühlampe

Wenn eine Blendung des Patienten bei einem Scheinwerfer mit relativ großem Spiegel und parallelstrahligem Licht nicht in Kauf genommen werden will, kann die maximale Helligkeit des auftreffenden Lichtstrahles nicht mehr voll ausgenützt werden. Der Vorteil der streng begrenzten Mundhöhlenausleuchtung wird hiermit hinfällig.

Die Reflektorform bestimmt im Unterschied zur Reflektorgröße daß Maß an Bewegungsfreiheit, die der Patient im Stuhl besitzt. Die am Behandlungsstuhl angebrachte Kopfstütze ermöglicht vorwiegend nur die Horizontal- oder Drehbewegung des Kopfes, während die Vertikalbewegung ein Nachgeben des ganzen Rumpfes erfordert und deshalb unterdrückt wird. Folgende Faktoren wirken zusammen: Der in der Halswirbelsäule liegende, für die Horizontalbewegung des Kopfes verantwortliche Drehpunkt und die Schalenform der zwei Kopfstützenauflagen. Dieser Gegebenheit wird bei den meisten Dentalscheinwerfern Rechnung getragen. In mehreren Fällen werden Systeme mit ellipsoider Spiegelform verwendet, die einen Lichtstrahl mit vorwiegender Breitenausdehnung erzeugen. Bei Scheinwerfern dieser Konzeption braucht der Patient keinerlei Blendung zu befürchten.

Streustrahlen werden bei einigen Ausführungen durch in den Strahlengang eingeschaltete Blenden absorbiert, die dann einen zusätzlichen Blendschutz gewährleisten. Drum (5) nennt neben den Begriffen Helligkeit und Blendungsfreiheit die Eigenschaft der »Störfreiheit« eine guten Dentalscheinwerfers. Nach seinen Ausführungen ist die Störfreiheit dann gegeben, wenn während der Behandlung kein Nachstellen der Lampe erforderlich ist, keine Behinderung durch Bohrmaschinengestänge erfolgt, oder wenn sich keine Schlagschatten durch in den Lichtstrahl gelangte Instrumente ergeben.

Im praktischen Betrieb kann sich jedoch in dem einen Fall ein Scheinwerfer als durchaus störfrei erweisen, während bei anderer Behandlungsgewohnheit oder anderer Behandlungsart (Arbeiten im Oberkiefer oder Unterkiefer) eine Störfreiheit nicht mehr vorhanden ist. Die Behinderung durch Bohrmaschinengestänge ist weitgehend vom Behandler selbst und dessen Arbeitsgewohnheiten abhängig, eine allgemeingültige Norm läßt sich hierüber nicht aufstellen. Bei den heutigen meist sehr leistungsfähigen Scheinwerfern, von wenigen Ausnahmen abgesehen, ist man nicht mehr an einen bestimmten Beleuchtungsabstand gebunden, sodaß der Scheinwerfer nach Bedarf optimal eingestellt werden kann. Schlagschatten ergeben sich im allgemeinen in gerichtetem Licht nicht, nur bei von einer punktförmigen Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlen treten diese auf. Somit dürfte sich der Begriff der Störfreiheit für einen bestimmten Scheinwerfertyp erübrigen.

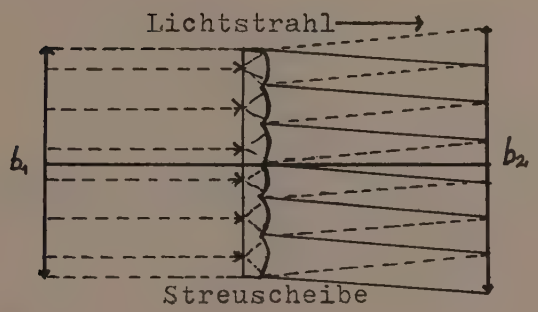
Bei der Konstruktion der Dentalscheinwerfer sollte ein besonderes Augenmerk auf den Wärmeschutz gerichtet werden. Stromaufnahmen von teilweise über 100 Watt sind durchaus gebräuchlich. Infolge des bekannt schlechten Wirkungsgrades, auch von gasgefüllten Glühlampen, werden ca. 95% der elektrischen Energie in Wärme umgesetzt, die als Infrarotstrahlung auf dem Lichtwege in die Mundhöhle des Patienten gelangt. Schon existente Gefühle des Unbehagens werden noch weiter gefördert und geben zu unerwünschten Reaktionen des Patienten Anlaß. Anspannen der Wangen- und Kiefermuskulatur, Beklemmungsgefühle, nicht selten Schweißausbrüche sowie vermehrter Speichelfluß ist die Folge.

Das Wärmeschutzproblem wurde z. B. von der Firma Ritter in Durlach (Bd.) in eleganter Weise angegangen. Als Spiegelgrund wird ein besonderes bläulich eingefärbtes Spezialglas verwendet, das einem speziellen Guß- und Abkühlungsverfahren

unterworfen wird. In dessen Verlauf bilden sich im Glas viele kleine Gasbläschen, die das sichtbare Licht jedoch nicht beeinflussen. Nur das langwelligere Infrarot erfährt durch die Einfärbung und die »innere Rauhigkeit« des Glases eine stärkere Brechung, die sich in einer vermehrten Absorption äußert. Der auf diese Weise hergestellte Spiegel erwärmt sich während des Betriebes natürlich stärker als ein normaler oberflächenversilberter Metallhohlspiegel. Seine Kühlung wirft jedoch keine großen technischen Probleme auf.

Die reflektierende Silberschicht wird nun auf die konvexe Rückseite aufgebracht. So muß der zu brechende Lichtstrahl dieses Glas zweimal durchdringen. Im Interesse des damit verbundenen höheren Wärmeabsorptionskoeffizienten wurde bewußt auf den höheren Reflektionsgrad verzichtet, der eine vorderseitige Versilberung mit sich gebracht hätte. Als weiteres Wärmefilter dient die Streuscheibe, mit der das Scheinwerfersystem nach vorne abgeschlossen ist. Gleichzeitig kommt ihr die Funktion des Staubschutzes zu.

Die Hauptaufgabe der Streuscheibe ist bereits durch ihren Namen umrissen. Entsprechend dem geforderten Spezialzweck soll der Lichtstrahl bei der Ausrichtung auf den Patienten in vorwiegend horizontaler Richtung ausgebreitet werden. Diese Wirkung wird in der Streuscheibe durch senkrecht verlaufende, parallel angeordnete Zylinderlinsenstreifen erreicht. Auf diese Weise erhält man für die senkrechte und waagrechte Achsenrichtung verschiedene Brechungsindices. Ein Lichtstrahl mit kreisförmigem Querschnitt erfährt beim Durchtritt durch diese Streuscheibe eine mehr oder minder starke ellipsoide Verzerrung.



Wirkung der bei der Ritter »Duo-Lux« verwendeten Streuscheibe auf das durchfallende parallelstrahlige Lichtbündel
b_1 = Lichtstrahlenquerschnitt vorher
b_2 = Lichtstrahlenquerschnitt nachher

Die Firma Siemens-Reiniger Werke AG löst bei einer Ausführung das Wärmeschutzproblem auf eine andere Weise. Statt eines kleinen, verhältnismäßig stark gekrümmten Hohlspiegels mit kleinem Glühlampenabstand wird ein großer Hohlspiegelkreis mit einem großen Krümmungsradius verwendet. Somit ergeben sich längere Licht- und Wärmewege. Der Lichtfleck wird bei dieser Ausführung durch Bündelung erzeugt und ist infolgedessen eine reelle Abbildung des Glühfadens. Falsche Fokussierung der Glühlampe erzeugt deshalb nicht den kleinstmöglichen Lichtfleck und gibt zu Blendungen des Patienten Anlaß.

Andere Firmen messen dem Problem des Wärmeschutzes keine so große Bedeutung bei, entweder werden eingefärbte Abdeckgläser mit leichter Riffelung oder Rauhgläser ohne Färbung verwendet. Auch findet in einem Falle eine Scheinwerferbirne mit Blauglaskolben Verwendung. Bei einer anderen Ausführung ist die Scheinwerferbirne von einem Blauglaszylinder umgeben.

Nicht mehr zeitgemäß ist eine Leuchte, welche aus einer rückwärtigen größeren Opalglashaube und einer kleineren vorderseitigen Haube mit inliegender Glühlampe besteht. Durch den auf der Vorderseite freibleibenden, die Vorderschale umgebenden ringförmigen Zwischenraum wird das Licht von einem schmalen Spiegelkreis auf den Patienten geworfen. Die notwendige Helligkeit liefert eine Glühlampe mit 200 bis 300 Watt Leistung, die natürlich entsprechend viel Wärme entwickelt.

Allgemein darf gesagt werden, daß ältere Ausführungen eine höhere Stromaufnahme besitzen, während die Lichtstärke bei neueren Geräten durch Spiegel oder Linsen erhöht wird. Die Stromaufnahme ist dabei relativ gering. Daß mit älteren Ausführungen das Optimum an Arbeitsqualität nicht erreicht werden kann, ist leicht einzusehen.

Eine Sonderstellung unter den Dentalscheinwerfern nimmt die sogenannte Kombinationsleuchte ein. Es handelt sich hierbei um einen Scheinwerfer mit eingebauter Raumbeleuchtung. Er kommt den in Vorbereitung befindlichen DIN-Normen für zahnärztliche Arbeitsplatzbeleuchtung entgegen, nach denen bei einer bestimmten Helligkeit in der hellerleuchteten Mundhöhle des Patienten am Arbeitsplatz eine gewisse und ziemlich genau festgelegte Grundhelligkeit herrschen muß. Einer fortwährenden schädlichen Umadaptation der Augen des Behandlers wird dabei mit Sicherheit vorgebeugt.

Eine leistungsfähige und zweckmäßige Raumbeleuchtung muß jedoch in jedem Falle vorhanden sein, um die Kontraste zwischen Arbeitsplatz und Arbeitsraum einigermaßen klein zu halten. Eine Blendung durch die hinter Mattgläsern angeordneten Leuchtstoffröhren ist nicht zu befürchten, da die Leuchtdichte auf der Oberfläche dieser Röhren nur 0,4 stilb beträgt. Die Bezeichnung »stilb« bezieht sich auf die Lichtquelle selbst, 1 cm^2 ihrer leuchtenden Oberfläche erzeugt in 1 Meter Entfernung die Helligkeit 1 Lux. Mit der Bezeichnung »stilb« kann die Blendung für das menschliche Auge genau bestimmt werden, sie ist bei Leuchtstoffröhren sehr gering.

II. Untersuchung der einzelnen Scheinwerfertypen

»Lumostar« der Firma Ritter, Durlach (Baden)

Bei der Lumostar handelt es sich um einen Scheinwerfer, der nur zur Arbeitsfeldbeleuchtung Verwendung finden kann; eine Raumbeleuchtung ist bei entsprechenden Lichtverhältnissen in jedem Falle erforderlich.
Im Folgenden soll auf die Konstruktion etwas näher eingegangen werden. Die notwendige Helligkeit wird von einer Projektionslampe 220 Volt 125 Watt geliefert, deren Glühfaden im Interesse hoher Lichtausbeute zickzackförmig in einer Ebene liegt. Damit ist die volle Gewähr vorhanden, daß der gesamte Glühfaden in den Brennpunkt des dahinter liegenden Hohlspiegels zu liegen kommt. Dieser Reflektor hat eine der annähernd rechteckigen Lampenform entsprechende Gestalt. Er besteht aus dem an anderer Stelle dieser Abhandlung beschriebenen Blauglas, welches die zur zusätzlichen Wärmeabsorption dienenden Gasbläschen enthält. Die Rückseite des Spiegels ist versilbert. Daraus resultiert im Spiegelgrund der doppelte Licht- und Wärmeweg. Die starke Absorption des im Glühlampenlicht enthaltenen Wärmeanteils wird hiermit beim Durchtritt durch die Glasbasis des Reflektors erklärt.

Arbeitsfeldleuchte »Lumostar« der Firma Ritter, Durlach (Baden)

Als Staubschutz dient eine in der Mitte unterteilte Glasscheibe, die gleichzeitig das optische System nach außen abschließt. Durch die Unterteilung werden zwei etwa gleichgroße quadratische Lichtaustritte gebildet. Hinter diesen Öffnungen befindet sich eine Jalousie aus etwa 2 cm breiten, jedoch dünnen und geschwärzten Blech-

streifen, deren Flächen in der Achsenebene des austretenden Lichtstrahles liegen. Nur das reflektierte Licht kann deshalb diese Jalousie passieren, durch die Flächen der geschwärzten Metallstreifen wird das blendende nicht reflektierte Direktlicht vollständig absorbiert.
Das mit dieser Anordnung von Glühlampe, Hohlspiegel und der Streulichtjalousie erzeugte Lichtbündel ist parallelstrahlig und durch das vollständige Fehlen von Direktlicht absolut blendfrei. Die Mundhöhle des Patienten läßt sich auch dann noch ausreichend ausleuchten, wenn der Zahnarzt einen der beiden Lichtaustritte zufällig verdecken sollte.
Als Allgemeinbeleuchtung ist bei Verwendung dieses ausgezeichneten Scheinwerfers eine zusätzliche Raumbeleuchtung mit minimal ca. 700 Lux erforderlich, da sich die Helligkeit des vom Scheinwerfer erzeugten Lichtstrahles auf ca. 8 300 Lux beläuft. Dieser relativ hohe Wert ist mit Rücksicht auf den Behandler selbst notwendig, da Helligkeitssprünge von mehr als 1 : 15 bis 1 : 20 zwischen Arbeitsfeld und Arbeitsraum mit der Zeit zu Ermüdungserscheinungen führen und die Augen des Zahnarztes zu sehr belasten.
Der bei der Ausrichtung des Lichtstrahles auf einer ebenen Fläche erzeugte Lichtfleck entspricht in der Größe und Form ungefähr den Abmessungen des Hohlspiegels. Der Infrarotanteil des Scheinwerferlichts ist im Vergleich zu der großen Helligkeit sehr gering, eine Belästigung des Patienten ist nahezu ausgeschlossen. Die Horizontalabmessungen des auf den Patienten projizierten Lichtstrahls ist mit Rücksicht auf die in waagrechter Richtung größere Bewegungsfreiheit des Kopfes höher als die vertikale Dimension. Ein fortwährendes Korrigieren der Scheinwerfereinstellung erübrigt sich demzufolge, und die hohe Lichtstärke kann deshalb optimal ausgenützt werden.
Gut ausbalancierte Federgelenke mit Parallelführung des Tragarmes halten das eigentliche Scheinwerferelement schwingungsfrei in jeder Lage fest und tragen wesentlich dazu bei, das Arbeiten mit diesem Scheinwerfer so angenehm wie möglich zu gestalten.

»Duo-Lux« der Firma Ritter, Durlach (Baden)

Im folgenden Abschnitt soll der von der gleichen Firma hergestellte Scheinwerfer »Duo-Lux« etwas näher betrachtet werden.
Bestehend aus zwei voneinander unabhängigen und verschiedenen Leuchtsystemen, bewältigt dieser Kombinationsscheinwerfer das Problem sowohl der Mund- oder Arbeitsfeldbeleuchtung wie auch das der Arbeitsplatz- und Raumbeleuchtung. Zur Mundbeleuchtung dient ein leistungsfähiges Scheinwerfersystem, während die Arbeitsplatz- und Raumbeleuchtung von zwei Leuchtstoffröhren übernommen wird. Diese Röhren befinden sich als zwei in sich geschlossene Ringe hinter zwei opaken Plexiglashalbschalen, von denen die vordere Halbschale die Streuscheibe des inliegenden Scheinwerfersystems enthält. Die beiden Leuchtstoffröhren haben je 32

Watt Stromaufnahme; ihre Lebensdauer ist sehr groß unter der Voraussetzung, daß sie so wenig wie möglich aus- und eingeschaltet werden. Sie eignen sich auf Grund ihrer tageslichtähnlichen Helligkeit gut zur Zahnfarbenbestimmung.

Kombinationsleuchte »Duo-Lux« der Firma Ritter, Durlach (Baden)

An dieser Stelle muß jedoch ein Nachteil erwähnt werden. Die Plexiglashaube verstaubt durch die Funktion der innenliegenden Leuchtstoffröhren außerordentlich rasch. Es läßt sich dafür folgende Erklärung finden: Die in der Leuchtstoffröhre unter dem Einfluß des elektrischen Stromes in einer Quecksilberdampfatmosphäre gezündete Gassäule sendet vorwiegend ultraviolette Strahlen aus und regt eine auf die Leuchtröhrenwandung aufgetragene Leuchtstoffmasse zu sehr hellem Leuchten an. Ein Teil der UV-Strahlung durchdringt jedoch das Glas der Leuchtstoffröhrenwandung und wird erst von der umgebenden Plexiglashaube absorbiert. Diese Haube lädt sich nun durch die UV-Einstrahlung elektrostatisch auf und zieht dadurch den in der Luft stets vorhandenen Staub mit großer Kraft an. Sie erblindet infolgedessen in relativ kurzer Zeit und muß dauernd gereinigt werden. Der sonst unweigerlich eintretende Helligkeitsverlust kann bis zur Hälft des sicht- und nutzbaren Lichtes betragen.
Das jeder Leuchtstoffröhre eigene Flimmern, bedingt durch den Betrieb mit Wechselstrom, wird durch die oben erwähnte Plexiglashaube auf optischem Wege gemildert und durch zwei Kondensatoren auf elektrischem Wege vollends unterdrückt. Diese Kondensatoren kompensieren außerdem den nutzlosen und die Zuleitungen belastenden Blindstrom.
Das eigentlich Scheinwerfersystem besteht aus Glühlampe, Reflektor und Streuscheibe. Die Speziallampe 24 Volt 60 Watt erzeugt mit einem kurzen doppelt ge-

wendelten Glühfaden ein punktförmiges Licht. Der in dieser Lampe verwendete kurze und dicke Glühfaden führt zwangsläufig zu dieser niederen Arbeitsspannung, hat dafür aber den Vorteil der Stoßunempfindlichkeit. Bei mit einem langen und dünnen Glühfaden ausgestatteten Hochvoltlampen (220 Volt) tritt diese Eigenschaft stark in den Hintergrund. Ein weiterer Vorteil der ersteren Glühlampe ist die höhere Leuchtdichte bei gleicher Wattzahl, da sich mit der steigenden Dicke des Glühfadens auch dessen strahlende Oberfläche vergrößert. Durch eine vor der Glühlampe angebrachte Metallschale, die ungefähr deren Durchmesser besitzt, wird das den Patienten blendende Direktlicht abgeschirmt und zusätzlich auf den eigentlichen Reflektor geworfen. Dieser besteht aus dem auf der Rückseite versilberten Spezialblauglas, seine Form ist kreisrund. Die in der vorderen Plexiglashalbschale eingebaute Streuscheibe schließt das Scheinwerfersystem nach außen ab und dient als Staubschutz. Gleichzeitig verzerrt sie den vorher kreisrunden Lichtstrahl zu einer ellipsoiden Form, die Wirkung war jedoch bei dem vermessenen Modell nicht besonders ausgeprägt. Herstellungsbedingte Schwankungen sind möglich.
Das Auffallende an diesem Scheinwerfersystem ist die hohe Lichtleistung, die einen Lichtstrahl von über 14 000 Lux Helligkeit erzeugt. Die Breitenausdehnung ist gering, da der Lichtstrahl sehr stark gebündelt wird.
Die Praxis erfordert ab und zu eine Korrektur der Lampenstellung, das überaus helle, fast schattenfreie Licht von ausgezeichneter Qualität und sehr geringem Anteil an Infrarotstrahlen gleicht jedoch diese kleine Unbequemlichkeit aus.
Die Meßergebnisse wurden unter den allen Lampen zugrunde gelegten Betriebsbedingungen gewonnen und bieten somit direkte Vergleichsmöglichkeiten.

Kleinreflektor der Firma Ritter, Durlach (Baden)

In ein torpedoförmiges Gehäuse ist ein Hohlspiegelsystem eingebaut, das von einer blau eingefärbten und geriffelten Streuscheibe abgeschlossen wird. Diese Kleinleuchte kann nur als Mundlampe Verwendung finden, eine Raumbeleuchtung ist dabei unbedingt erforderlich.
Die Maximalhelligkeit ist in 1 Meter Entfernung vom Scheinwerfer ca. 1 200 Lux. Die Streuscheibe hat einen Durchmesser von 54 mm, die technischen Daten der Glühlampe sind 6 Volt 15 Watt. Die Betriebsspannung wird mit Hilfe eines im Unit- Anschlußstück eingebauten Transformators aus dem Netz erzeugt. Die Kuppe der Scheinwerferglühlampe ist zur Vermeidung von Blendungserscheinungen verspiegelt, außerdem erhöht diese Verspiegelung die effektive Helligkeit der Glühbirne.
Im Vergleich zu den übrigen Dentalscheinwerfern erscheinen 1 200 Lux als unzureichende Helligkeit für die Mundausleuchtung; der Scheinwerfer kann jedoch wegen seiner geringen Abmessungen dem Patienten bis auf ca. 30 cm genähert werden. Dabei steigt der Helligkeitswert des Zentralstrahls auf ca. 7 500 Lux, die für durchaus befriedigende Arbeitsbedingungen garantieren. Eine etwaige Behinderung durch die größere Mundnähe der Lampe muß mit in Kauf genommen werden. Über einen im Gehäuse eingebauten Druckknopfschalter wird der Scheinwerfer in Betrieb

gesetzt. Mit einer an der Spitze des torpedoförmigen Gehäuses lokalisierten Einstellschraube kann die Stellung der Lampenfassung und somit die Lichtfleckgröße verändert werden. Federgelenke und Balancebügel halten den Scheinwerfer in jeder gewünschten Stellung schwingungsfrei fest.
Als abschließendes Urteil darf gesagt werden, daß diese Mundlampe eine im Verhältnis zu Preis und Aufwand ausreichende Helligkeit erzeugt, dabei sehr leicht beweglich ist und bei entsprechender Einstellung mit anderen Dentalscheinwerfern durchaus gleichgestellt werden kann.

»Primalux« der Siemens-Reiniger Werke, Berlin

Eine weitere Kombinationsleuchte wird von den Siemens-Reiniger Werken auf den Markt gebracht. Es handelt sich um das Modell »Primalux«. Diese Leuchte hat im Vergleich zu den meisten anderen Scheinwerfern beachtliche Ausmaße. Diese Tatsache darf jedoch nur bedingt als Nachteil gewertet werden, da die große reflektierende Spiegelfläche durch den Zahnarzt zum Teil verdeckt werden kann, ohne selbst nennenswert weniger Licht auf das Behandlungsfeld zu strahlen. Eine ausreichende Beleuchtung ist also in jedem Falle sichergestellt.
Die photometrische Auswertung des von dem Scheinwerfersystem erzeugten Lichtfleckes ergab die bemerkenswert große Helligkeit von ca. 10000 Lux im Zentralstrahl in einem Meter Meßabstand. Durch die Verwendung einer optisch inaktiven Streuscheibe wird der Lichtstrahl nur in kreisrunder Form abgebildet. Im Zentrum dieser Streuscheibe ist die die zwei Schalter für Raumlicht und Scheinwerfer sowie den Drehgriff für die Scheinwerferfokussierung enthaltende Bedienungsfrontplatte montiert.

Kombinationsleuchte »Primalux« der Siemens-Reiniger Werke, Berlin

Die Konstruktion dieser Kombinationsleuchte weist einige Besonderheiten auf. Eine Niedervoltlampe 12 Volt 28 Watt erzeugt ein punktförmiges Licht, das durch einen ringförmigen Glaskörper mit stufenlinsenartigem Querschnitt gesammelt wird. Der Brennpunkt dieses Glaskörpers ist mit dem Lichtpunkt der Glühlampe identisch, die Funktion dieser ringförmigen Linse erklärt sich in einer Kondensorwirkung ähnlich den Kondensorlinsen bei einem Projektionsapparat. Das von diesem Linsenring ausgehende Licht wird von einem in der Mitte durchbrochenen Spiegel von ca. 46 cm äußerem und etwa 34 cm innerem Durchmesser reflektiert. Das Zusammenwirken dieser beiden lichtbrechenden Konstruktionselemente verringert die lange Brennweite des Hohlspiegelkreises auf die relativ kurze Brennweite des Linsenringes. Damit erhöht sich automatisch der kleine Öffnungswinkel des Spiegelkreises in bezug auf die Glühlampe auf den mehr als doppelt so großen Öffnungswinkel des Linsenringes. Aus diesem Grunde kann mit der im Vergleich zu anderen Modellen kleinen Stromaufnahme der Scheinwerferlampe von 28 Watt die beachtliche Helligkeit von 10 000 Lux im Zentralstrahl erreicht werden. Die Gesamtbrennweite dieses Scheinwerfersystems aber bleibt trotzdem verhältnismäßig groß, eine falsche Fokussierung führt zu Blendungen des Patienten. Die Glühlampenstellung kann deshalb von außen mit einem Drehgriff verändert werden.

Als Raumbeleuchtung ist eine Leuchtstoffrundröhre eingebaut, deren Licht zum Teil auch durch den Hohlspiegel zurückgeworfen wird. Auf diese Weise wird eine zusätzliche Arbeitsplatzaufhellung erreicht. Für die Lichtabstrahlung auf die dem Patienten abgewandte Seite wurde der eingebaute Hohlspiegel in der Mitte durchbrochen. Durch diese Öffnung kann das Licht ungehindert nach hinten austreten und passiert dabei eine in Opalglas ausgeführte Abdeckscheibe. Allerdings wird durch diese Scheibe nur das zur Raumbeleuchtung dienende Licht abgestrahlt; die Scheinwerferbirne ist gegen Direktsicht von der rückwärtigen Seite her abgeschirmt. Lichtverluste werden damit sicher vermieden.

Durch die Eigenart dieser Lampenkonstruktion wurde das Wärmeschutzproblem auf einfache Weise gelöst. Die lange Brennweite des Scheinwerfersystems zwingt die Licht- und Wärmestrahlen, bis zur Erreichung ihres Zieles einen wesentlich längeren Weg zurückzulegen. Außerdem ist in den Strahlengang der schon erwähnte Linsenring eingefügt, der im Infrarotbereich die Funktion eines zusätzlichen Wärmefilters ausübt. Die Strahlungsintensität wird hierdurch noch weiter gesenkt.

Eine gewölbte, kreisrunde Rauhglasscheibe, in deren Mitte die Bedienungsfrontplatte eingelassen ist, schließt das gesamte System nach der dem Patienten zugewandten Seite ab. Sie mildert das Licht der Leuchtstoffröhre etwas ab und hellt die Ränder des vom Scheinwerfersystem erzeugten Lichtfleckes auf. Das Flimmern der Leuchtstoffröhre wird von ihr außerdem abgeschwächt.

Der Tragarm der »Primalux« bleibt in jeder gewünschten Lage schwingungsfrei stehen; trotz der im Innern des Tragebalkens befindlichen komplizierten Bauteile, die die Parallelführung des Scheinwerfers und damit des Lichtstrahles bewirken, sind die äußeren Abmessungen des Tragarmes sehr klein und tragen zu einem harmonischen Aussehen des ganzen Dentalscheinwerfers bei. Seine Sauberhaltung ist wegen der glatten Außenflächen und des staubdichten Verschlusses des Strahlsystems problemlos. Die hohe Lichtleistung läßt dieses Gerät zu der Spitzengruppe der Dentalscheinwerfer gehören.

Die Gesamtkonstruktion verdient, als gut gelungen bezeichnet zu werden.

Zweifeldleuchte »Sirona« der Siemens-Reiniger Werke, Berlin

Im Folgenden soll etwas näher auf die neueste Entwicklung der Siemens-Reiniger Werke auf dem Gebiete der Dentalscheinwerfer eingegangen werden. Es handelt sich um das Modell »Sirona«, ihrer Konstruktion entsprechend eine reine Arbeitsfeldleuchte mit zusätzlicher Arbeitsplatzaufhellung.
In einem Gehäuse mit rechteckigem Aufriß sind die zur Erzeugung des Lichtstrahles notwendigen Konstruktionselemente eingebaut. Zur bequemen Ausrichtung des Lichtstrahles auf den Patienten ist der Scheinwerfer auf einen doppelt abwinkelbaren Tragarm montiert, der zusätzlich durch eingebaute Federgelenke mit Parallelführung der Tragarmenden eine Höhenverstellung der Scheinwerfereinheit erlaubt. Da der Tragarm auf der Lampenseite ein zusätzliches Gelenk mit vertikaler Achse enthält, kann das Scheinwerfergehäuse an den beidseitig angebrachten Griffen, die gleichzeitig die Einschalter enthalten, in der horizontalen Ebene und mit einem am Lampengehäuse selbst befestigten Lager mit horizontaler Achse in der Vertikalebene geschwenkt werden. So wird eine weitere Ebene für den Lichtstrahl erschlossen, eine Senkrechtstellung bei z. B. liegendem Patienten ist ohne weiteres möglich.

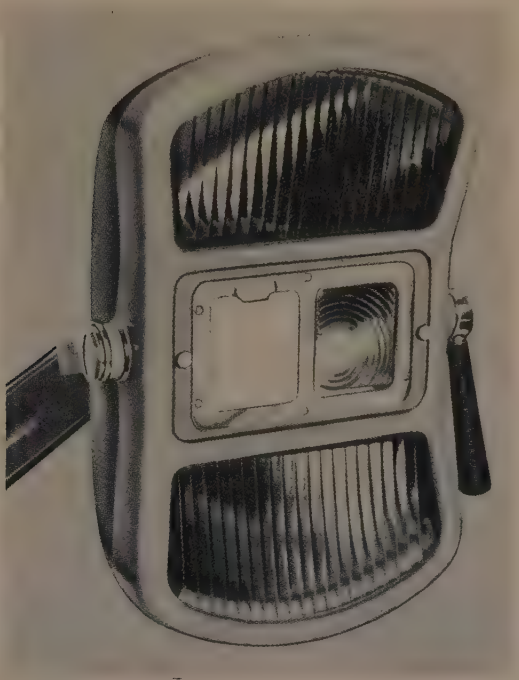
Zweifeldleuchte »Sirona« der Siemens-Reiniger Werke, Berlin

Die lichtabstrahlende Vorderfläche der »Sirona« besteht aus zwei annähernd quadratischen Lichtaustritten, die durch einen vertikal verlaufenden Steg aus lichtundurchlässigem Material getrennt sind. Dieser Steg weist an seinem unteren Ende eine kleine Mattglasscheibe auf, die zur Betrachtung von Röntgenaufnahmen vorgesehen ist. Die Gehäuseunterseite ist lichtdurchlässig und wird durch eine Mattglasscheibe

abgeschlossen. Das austretende Licht dient zur zusätzlichen Erhellung des Schwebetisches.
Der eigentliche Aufbau des Scheinwerfersystems gliedert sich in Lampe, Hohlspiegel und Thermofilter mit einem Tiefenraster, das die Blendung von Arzt und Patient verhindern soll.
Die Glühlampe ist eine handelsübliche 220 Volt 100 Watt Krypton-Klarglaslampe mit Swansockel. Durch die mit einem sogenannten Bajonettverschluß ausgerüstete Glühlampenfassung ist eine jederzeit genau reproduzierbare Einstellung des Glühfadens in die Brennebene des Hohlspiegels sichergestellt. Der Hohlspiegel nimmt die ganze Innenfläche der Gehäuserückseite ein und hat so die gleiche Fläche wie der Aufriß des Scheinwerfergehäuses. Die Staubabdeckscheibe der Gehäusevorderfläche hat gleichzeitig die Funktion der vorderen Glasscheibe des Thermofilters. Zwischen dieser und einer weiteren, dem Hohlspiegel zugewandten Thermofilterscheibe befindet sich das oben erwähnte Tiefenraster
Es besteht aus zueinander parallelen, geschwärzten Blechstreifen, deren Flächen in Richtung des austretenden Lichtstrahles liegen. Es kann deshalb nur das vom Hohlspiegel herkommende gebündelte Licht ungehindert durchtreten; das von der Glühlampe kommende Streulicht trifft die Fläche der geschwärzten Blechstreifen und wird absorbiert.
Die Helligkeit des erzeugten, der Hohlspiegelform entsprechenden rechteckigen Lichtbandes betrug bei der photoelektrischen Auswertung in einem Meter Entfernung von der Gehäusevorderfläche 9 800 bis 10 000 Lux im Zentralstrahl. Der Hohlspiegel wurde so ausgelegt, daß bei wechselndem Beleuchtungsabstand ein Fokussieren entfällt und trotzdem eine weitgehende Schattenarmut erreicht wird. Dies wird besonders dann augenfällig, wenn der Zahnarzt im Zuge der Behandlung gezwungen ist, die Lampe mit seinem Kopf zum Teil zu verdecken. Die Resthelligkeit liegt dann immer noch bei ca. 6 000 Lux.
Nach Firmenangabe werden durch die Zweifeldleuchte »Sirona« den in Vorbereitung befindlichen DIN-Nomen für zahnärztliche Arbeitsplatzbeleuchtung durch die Zweifeldabstrahlung entsprochen. Dies bedeutet, daß die schädliche fortwährende Umadaptation der Augen beim Blickwechsel von der hellerleuchteten Mundhöhle auf den Instrumententisch weitgehend verringert wird.
Als abschließendes Urteil darf gesagt werden, daß es der Firma Siemens gelungen ist, mit der Schaffung der Zweifeldleuchte »Sirona« einen Scheinwerfer auf den Markt zu bringen, der innerhalb eines sehr kompakt gehaltenen Gehäuses ein Scheinwerfersystem von beachtlichem Wirkungsgrad enthält, dessen Glühlampe zusätzlich zur Arbeitsplatzbeleuchtung herangezogen wird.

»Solarite« der Dental Amalgamated, London

Die »Solarite« der Dental Amalgamated (Ash) dient ausschließlich zur Arbeitsfeldbeleuchtung, eine zusätzliche Leuchtstoffröhre für die Raumbeleuchtung und die Ausleuchtung des Arbeitsplatzes ist unbedingt erforderlich.
Diesem Scheinwerfer liegt das Hohlspiegelprinzip mit vorgeschalteter Streuscheibe zugrunde. Das Lampengehäuse ähnelt in der Form einer auf den Kopf gestellten Ellipse, die an den Seiten des kleineren Durchmessers abgeplattet ist. Die Rückseite des Lampengehäuses hat die Form des eingebauten Hohlspiegels und dessen Wölbung. Das Scheinwerfergehäuse ist in der Aufhängung nur zum Teil um eine waagrecht liegende Achse drehbar, eine Senkrechtstellung des Lichtstrahles, die für manche Arbeiten am liegenden Patienten erforderlich ist, kann leider nicht vorgenommen werden. Die ungehinderte Einstellung des Lichtstrahles in der waagrechten Ebene wird jedoch durch die Tragarmgelenke ermöglicht.



Arbeitsfeldleuchte »Solarite« der Dental Amalgamated, London (Firma Ash)

Die Lichtaustrittsöffnungen auf der Vorderseite des Gehäuses sind in drei übereinanderliegende Flächen aufgeteilt. Die Mittelfläche steht parallel zu der senkrechten Hauptachse des Scheinwerfergehäuses, sie ist nochmals unterteilt. Links be-

findet sich ein Milchglasfenster zum Betrachten von Röntgenaufnahmen, in das rechte Fenster ist eine Stufenlinse eingebaut, welche aus dem Glühlampenlicht einen schmalen hellen Lichtstrahl auf die rechte Seite des Patienten aussondert. In dessen Helligkeit können kleinere Arbeiten am Stuhl direkt ausgeführt werden. Die hinter dem Mittelfeld liegende Hohlspiegelfläche ist mit einer lichtundurchlässigen Farbe abgedeckt. Damit wird das Röntgenfenster nur mit ungebündeltem Glühlampenlicht ausgeleuchtet, dessen geringere Helligkeit hier durchaus erwünscht ist. Da die Stufenlinse nur ungebündeltes Licht erhält, ist die einwandfreie Brechung in einen parallelstrahligen Lichtfinger sichergestellt.

Die für die Mundbeleuchtung dienenden Lichtfenster füllen die obere und untere Teilfläche aus. Sie bilden miteinander einen stumpen Winkel; die auf diese Flächen gefällten Mittellote schneiden sich in einer Entfernung von ca. 1,15 Meter vor dem Scheinwerfer. Der durch die beiden Fenster austretende Lichtstrahl hat jeweils die gleiche Achsenrichtung wie die beiden Mittellote. Der Schnittpunkt der beiden Teilstrahlen liegt deshalb in der gleichen Entfernung. Man findet dort auch die Stelle der maximalen Helligkeit. Die Distanz Patient-Scheinwerfer ist somit festgelegt, ein anderer Beleuchtungsabstand würde zwei Lichtfelder mit verminderter Helligkeit erzeugen.

Zur Verfolgung des Strahlenganges muß an dieser Stelle etwas weiter ausgeholt werden. Soll das vom Spiegel reflektierte Licht parallelstrahlig sein, muß man den Glühfaden der Lampe in den Brennpunkt des Hohlspiegels bringen, eine Glühfadenabbildung findet dabei erst im Unendlichen statt. Je weiter nun der Glühfaden vom Brennpunkt und damit vom Hohlspiegel entfernt wird, desto kleiner wird der Abstand zwischen Abbildung und Hohlspiegel. Dieses Projektionsprinzip findet bei der »Solarite« Anwendung, die Einhaltung eines bestimmten Beleuchtungsabstandes ist daher Grundbedingung für das Erreichen der Maximalhelligkeit. Bei falschem Scheinwerferabstand neigt die Lampe zu Blendungserscheinungen.

Die photometrische Auswertung des erzeugten Lichtbandes konnte natürlich nicht in der für die Messung angenommenen Normenentfernung von einem Meter vorgenommen werden. Bei diesem Scheinwerfer liegt der Höchstwert der Helligkeit mit 5 100 Lux in 1,15 Meter Abstand. Dieser gemessene Wert ist nur durchschnittlich. Eine bei diesem Scheinwerfer vorhandene Glühlampenleistung von 100 Watt bei 12 Volt Spannung sollte normalerweise mindestens 9 000 Lux ergeben, der Unterwert der »Solarite« läßt sich zum Teil durch den bei dieser Lampe ausgezeichneten Wärmeschutz erklären; mitverantwortlich ist jedoch auch die gegebene Tatsache, daß die flächenmäßig größere Ausdehnung des Lichtbandes zur Erreichung einer bestimmten Helligkeit eine stärkere Scheinwerferbirne benötigt.

Als Wärmeschutz dienen bei diesem Scheinwerfer der aus rückversilbertem Blauglas bestehende Hohlspiegel und die verhältnismäßig stark geriffelten, bläulichgrün eingefärbten Streuscheiben. So ergibt sich eine sehr wirksame Wärmefilterung mit dem Nachteil der über dem vertretbaren Maß liegenden Dämpfung des sichtbaren Lichtes.

Dieser Scheinwerfer kann durchaus mit inländischen Fabrikaten konkurrieren, wenn man keine Spitzenansprüche an die Lichtleistung stellt und den verminderten Bedienungskomfort außer Betracht läßt.

»Luminaire« der Firma Emda, Frankfurt

Die Konstruktion der von der Firma Emda in Frankfurt vertriebenen »Luminaire« weist als Besonderheit zwei von einander optisch unabhängige Strahlsysteme auf. Als weitere Eigenheit ist das sogenannte Monoblocksystem dieser Einzelscheinwerfer hervorzuheben. Dies besagt, daß Glühfaden, Reflektor, Streuscheibe und Glaskolben eine einzige organische Einheit darstellen. Der Aufbau dieses Scheinwerfers wurde im einzelnen wie folgt ausgeführt:
In einen Glaskolben mit quadratischem Querschnitt wurde ein Glühfaden 6 Volt 30 Watt eingeschmolzen. Die Stromzuführungen dieses Glühfadens treten durch die in Hohlspiegelform gegossene Rückseite des Glaskolbens in das Innere ein, das luftleer evakuiert ist und nach vorn durch eine Streuscheibe abgeschlossen wird. Die hohlspiegelförmige Rückseite ist innenversilbert. Dieses System wird von der amerikanischen Herstellerfirma auf maximale Lichtleistung und -bündelung eingestellt und optisch stabil.
Einige Nachteile sind jedoch zu erwarten. Bei Glühfaden- oder Glasbruch muß das betreffende Element als Ganzes ausgewechselt werden, sein Preis dürfte wesentlich höher liegen als der einer einzelnen Glühlampe. Als weiterer Nachteil muß die Tatsache gewertet werden, daß hochbelastete Glühfäden, speziell solche für Projektionszwecke, sehr schnell zum Verdampfen neigen. Dieser Effekt tritt vor allem im Vakuum auf, bei Füllung des Glaskolbens mit Edelgas unter verringertem Druck ist eine längere Lebensdauer des Glühfadens erzielbar. Im Vakuum schlägt sich das verdampfte Wolfram vor allem auf den dem Glühfaden nächstliegenden Partien, in diesem Falle auf der Silberschicht des Hohlspiegels nieder. Dessen Reflektion geht mit der Zeit langsam zurück. Auch die Streuscheibe wird langsam von innen her mit Wolfram bedampft und büßt damit ihre Lichtdurchlässigkeit zum Teil ein. Durch die mit der erhöhten elektrischen Belastung des Glühfadens verbundene thermische Überlast wird die Lebensdauer dieser Glühfäden erheblich vermindert. Beschleunigt ablaufende Sinterungsvorgänge innerhalb des Wolframfadens führen mit der Zeit zur Einkristallbildung. Der in kaltem Zustand ohnehin schon kleine Innenwiderstand des Glühfadens wird durch diese Vorgänge noch weiter reduziert, bis der Glühfaden den auftretenden Einschaltstromstoß nicht mehr aushält und durchbrennt. Als wirksame Abhilfe kommt nur die generelle Inbetriebnahme der Scheinwerfer über Dreh- oder Schiebewiderstände in Frage. An dieser Stelle muß jedoch ausdrücklich gesagt werden, daß der Nachteil der verminderten Lebensdauer von Projektionsglühlampen auch für die anderen Scheinwerferkonstruktionen gilt.

Bei der photometrischen Auswertung des Lichtfleckes wurden im Zentrum des auftreffenden Zentralstrahles in einem Meter Entfernung ca. 4 000 Lux gemessen. Mittels eines Drehwiderstandes, der leider keine Ausschaltstellung besitzt und dessen Ohmzahl für den Zweck des »Anfahrens« nicht ausreicht, kann die Maximalhelligkeit auf etwa 3 000 Lux abgesenkt werden.
Die gemessene Helligkeit von ca. 4 000 Lux kann nicht als ausreichend angesehen werden. Die beiden Einzelsysteme erzeugen ein etwa 30 cm breites und 12 cm hohes Lichtband, dessen Einzelstrahlen sich in etwa einem Meter Entfernung überschneiden. Dort wird auch die größte Helligkeit erzeugt. Das abgestrahlte Lichtbündel ist in hohem Maße blendfrei, da eine zwischen der Abdeckscheibe und der Streuscheibe eingebaute Jalousie die die Blendung erzeugenden Streustrahlen abfängt.

Als Zusammenfassung soll eine kurze Skizzierung der Lampe folgen:
Der vorstehend beschriebene Scheinwerfer ist speziell für die Arbeitsfeldbeleuchtung entwickelt worden. In ein handliches Gehäuse mit rechteckigem Querschnitt wurden zwei voneinander optisch unabhängige Systeme montiert, die jeweils nur als Ganzes ausgewechselt werden können. Die hohe Blendfreiheit wurde durch eine Jalousie erreicht.

»Drei-Sphären-Licht« der Firma Emda, Frankfurt

Das von der Emda »Luminaire« abgelöste »Drei-Sphären-Licht« weist im Prinzip die gleichen Konstruktionsmerkmale auf wie die »Primalux« der Siemens-Reiniger Werke. Für die Beleuchtung des Arbeitsfeldes und des Arbeitsraumes wird jedoch die gleiche Lichtquelle, eine starke Glühlampe 220 Volt 200 Watt verwendet. Der Scheinwerfer besteht im einzelnen aus zwei Opalglasschalen, die den eigentlichen Lampenraum nach vorne und hinten abdecken. Zwischen der etwas vorgezogenen hinteren Schale und der im Durchmesser kleineren vorderen Schale bleibt ein Zwischenraum frei, durch den das von einem Hohlspiegelkreis reflektierte Licht auf den Patienten gerichtet werden kann. Mit einem auf der rechten Seite des Scheinwerfers angebrachten Hebel kann die größtmögliche Helligkeit bei gleichzeitig geringster Lichtfleckausdehnung eingestellt werden, indem die Lampenfassung im Bezug auf den Spiegel vor- und zurückgeschoben wird.
Mit dieser Lampe werden die drei »Sphären« Arbeitsfeld, Arbeitsplatz und Arbeitsraum erhellt. Den heutigen Ansprüchen jedoch kann diese Lampe nicht mehr gerecht werden, in der Hauptsache zeichnet dafür die große Wärmeentwicklung bei unter dem Durchschnitt liegender Lichtleistung von maximal 1700 Lux verantwortlich. Damit wird das Arbeiten mit dieser Lampe auf die Dauer erheblich erschwert. Die eigentliche Konstruktion jedoch könnte man für die heutige Praxis durchaus noch empfehlen.
An Hand von Vergleichen, die mit den Meßergebnissen anderer Scheinwerfer angestellt werden können, kann ersehen werden, daß die Umgebungshelligkeit des Lichtstrahles einen höheren Wert besitzt; das Zentrum erreicht bei weitem nicht die sonst üblichen Helligkeitswerte.
Wegen der erwähnten Mängel wurde der Scheinwerfer schon vor geraumer Zeit von der Produktion abgesetzt, das Eingehen auf seine Konstruktion und die Vermessung seines Lichtfleckes hat nur noch wissenschaftliches Interesse.

»Pluralux« der Firma Litema, Lechner und Co., München

Den Kombinationsscheinwerfer »Pluralux« kennzeichnet das Fehlen des Hohlspiegels in dem Scheinwerfersystem. Statt dessen erzeugt eine im Zentrum der vorderen Milchglashalbschale montierte Kondensorlinse die beachtliche Helligkeit von 7100 Lux in einem Meter Entfernung, zu der eine 50 Watt Niedervoltlampe eine durch einen Kunstgriff stark erhöhte Helligkeit liefert. Diese große Lichtausbeute ist darauf zurückzuführen, daß der Glaskolben dieser Speziallampe halbseitig bis zu

der durch den Glühlampensockel laufenden Äquatorlinie des Glaskolbens versilbert ist. Dadurch werden die sonst nach hinten austretenden Lichtstrahlen reflektiert und können durch die Linse auf das Arbeitsfeld geworfen werden. Diese plankonvexe Linse bündelt das vorher ungerichtete Licht der Glühlampe zu einem Lichtstrahl, der bei der Abbildung in ein Meter Entfernung sehr scharf begrenzt ist und eine kreisrunde Form aufweist.

Kombinationsleuchte »Pluralux« der Firma Litema, München 9

Ein konventionelles Scheinwerfersystem, das mit Hohlspiegel und Glühlampe sowie einer Streuscheibe ausgestattet ist, besitzt jedoch einen höheren Wirkungsgrad, der vor allem von dem größeren Öffnungswinkel des lichtbrechenden Hohlspiegels abhängt. Die rückseitige Versilberung des Glühlampenkolbens gleicht im Zusammenwirken mit der kurzbrennweitigen Kondensorlinse den Mangel des kleineren Öffnungswinkels doch soweit aus, daß eine über dem Durchschnitt liegende Lichthelligkeit erzielt wird. Die Absorption der Wärmestrahlung wird durch die ziemlich dicke Kondensorlinse im Zusammenwirken mit dem eingefärbten Rauhglas der Scheinwerferlampe erzielt. Der Lichtfleck hat die ohne Streuscheibe übliche kreisrunde Form, eine weitere Lichtbrechung hat nur einen größeren Helligkeitsverlust zur Folge.

In den Lampenkörper, der durch zwei milchweiße Plexiglasschalen vollkommen abgeschlossen wird, sind vor einem Hohlspiegel zwei ringförmige Leuchtstoffröhren eingebaut. Deren Licht tritt auch nach rückwärts aus, es dient zur Arbeitsplatz- und Raumbeleuchtung. Das Licht ist farbecht, besitzt einen angenehmen Farbton und ist zur Farbauswahl (Zahnfarben, Zemente usw.) recht gut geeignet.

Die Meßergebnisse dieses Scheinwerfers wurden bei abgeschalteten Leuchtstoffröhren ermittelt, die Messung wurde in einem Meter Abstand vorgenommen.
Zusammenfassend darf gesagt werden, daß diese Kombinationsleuchte trotz Anwendung eines abweichenden Fokussierungsprinzips mit Linse und rückversilberter Glühlampe, wobei der Nachteil des kleineren wirksamen Öffnungswinkels der Linse in Kauf genommen werden muß, eine über dem Durchschnitt liegende Lichthelligkeit von maximal 7100 Lux mit sehr starker Bündelung des abgestrahlten Lichtes erreicht.

»Chromophare« der Hüper und Schmidt KG, Hannover

Diesem Scheinwerfer liegt das Hohlspiegelprinzip zugrunde, durch das Fehlen einer Raumbeleuchtung kann er nur zur Arbeitsfeld- bzw. Mundbeleuchtung verwendet werden. Im Handel sind zwei Ausführungen mit einem Spiegeldurchmesser von 40 cm und 55 cm. Auf Bestellung wird dieser Scheinwerfer wahlweise für Deckenbefestigung oder Unitmontage geliefert, der große Spiegeldurchmesser bringt aber eine von den üblichen Dentalscheinwerfern abweichende Form und Ausführung mit sich.
Bei der Normalausführung eines Dentalscheinwerfers ist der Hohlspiegel zusammen mit der Glühlampe in ein Gehäuse eingebaut und wird so zu einer Einheit zusammengefaßt. Bei der »Chromophare« dagegen ist der Spiegel tragendes Konstruktionselement, ein in Parabolform ausgeführtes Gehäuse dient nur zum Schutz des oberflächenversilberten Metallspiegels. Zur Vertikaldrehung des Scheinwerfers ist auf beiden Seiten ein Gelenk montiert, eine die beiden Gelenke verbindende Gabel besitzt in ihrem Scheitelpunkt ein weiteres Gelenk zur Horizontalbewegung und -einstellung des Scheinwerfers. Das Zentrum des Reflektors enthält die Lampenfassung mit einem Edison-Normalgewinde. Damit können Glühlampen verschiedener Leistungen eingeschraubt werden. Durch Lösen einer Schraube wird die Führung der Glühlampenfassung freigegeben, die Justierung der Glühlampenstellung kann danach vorgenommen werden. Eine im Bezug auf den Reflektor zu hohe oder auch zu niedere Glühlampenstellung ergibt nicht die maximal erreichbare Lichthelligkeit und kann zu Blendungserscheinungen des Patienten Anlaß geben.

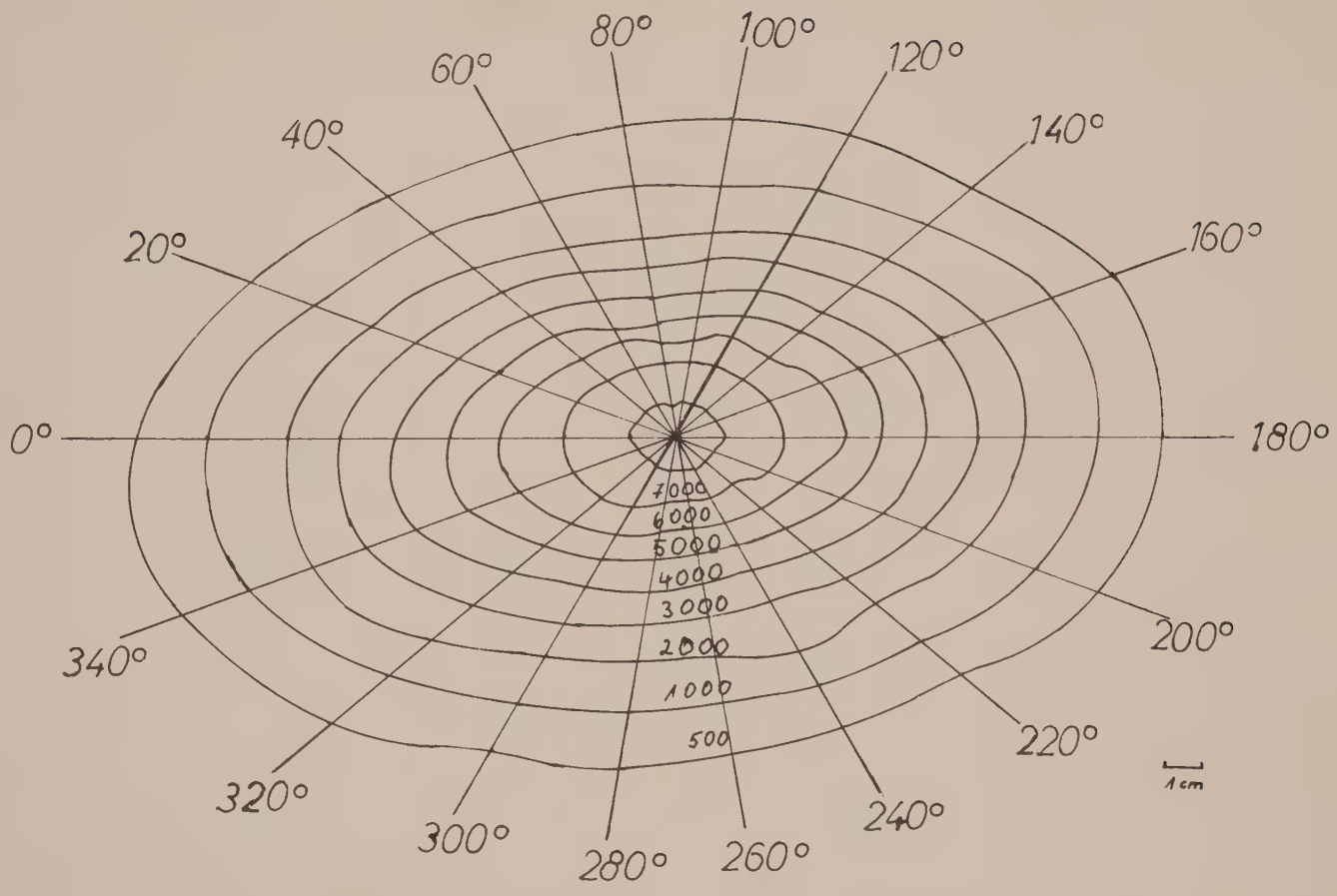
Zur Absorption der unerwünschten Wärmestrahlung ist die Glühlampe von einem grünlich eingefärbten Glaszylinder umgeben, ohne daß dabei eine nennenswerte Helligkeitsminderung eintritt. Diesen freistehenden Glaszylinder schließt eine Metalldeckplatte ab, die eine Blendung des Patienten durch Streustrahlen verhindern soll. Mit einer handelsüblichen 100 Watt Glühlampe wurden im Zentrum des erzeugten Lichtfleckes in einem Meter Entfernung ca. 3800 Lux gemessen, laut Firmenangabe wird durch eine Speziallampe mit verspiegelter Kuppe die Lichtausbeute wesentlich erhöht.
Durch den zur Anwendung gelangten großen Reflektordurchmesser besteht für den Patienten eine erhöhte Blendungsgefahr, die Beleuchtung innerhalb der Mundhöhle ist jedoch auch dann noch ausreichend, wenn im Verlauf der Behandlung ein größerer Spiegelsektor durch den Arzt verdeckt werden sollte.

Meßergebnisse der »Lumostar« der Firma Ritter, Durlach (Bd.)

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
8000	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3
7000	3,0	2,8	2,3	2,1	2,0	2,0	2,2	2,3	2,7	2,9	2,6	2,0	1,8	1,7	1,8	2,1	2,6	3,0	3,0
6000	4,7	4,0	3,2	2,9	2,5	2,6	3,0	3,3	4,1	4,5	3,5	3,0	2,6	2,5	2,6	3,0	3,7	4,6	4,7
5000	6,0	5,1	4,2	3,3	3,1	3,2	3,6	4,3	5,2	5,5	4,7	3,9	3,3	3,2	3,3	3,8	4,6	5,9	6,0
4000	7,5	6,2	5,0	4,1	3,8	3,9	4,5	5,1	6,3	6,7	6,0	4,8	4,2	4,0	4,2	4,6	5,7	7,4	7,5
3000	9,0	7,4	6,0	5,0	4,6	4,8	5,3	6,2	7,5	8,1	7,1	6,0	5,1	4,9	5,1	5,9	7,1	8,8	9,0
2000	10,4	8,6	7,0	5,8	5,4	5,5	6,2	7,3	8,8	9,3	8,4	7,0	6,7	6,0	6,1	6,9	8,5	10,3	10,4
1000	12,5	10,2	8,5	7,2	6,8	6,8	7,6	8,8	10,7	11,3	10,3	8,6	7,7	7,2	7,5	8,3	10,0	12,1	12,5
500	14,3	12,0	10,0	8,8	8,5	8,7	9,3	10,3	12,5	13,0	12,0	10,0	9,0	8,6	9,0	9,7	12,0	14,0	14,3

Schaubild des Lichtfleckes
Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m



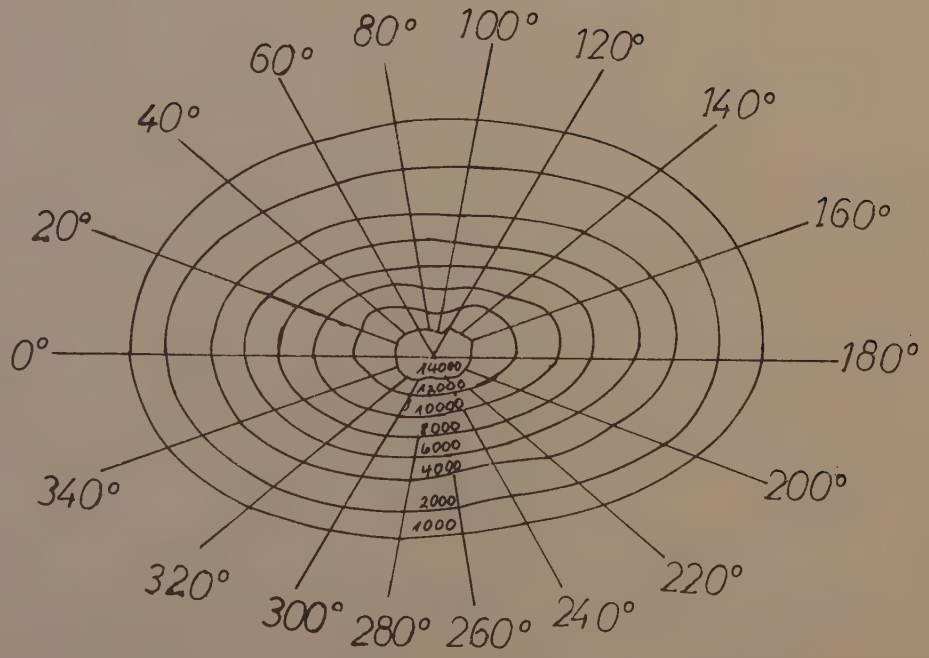
Meßergebnisse der »Duo-Lux« der Firma Ritter, Durlach (Bd.)

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
14 000	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0
12 000	2,1	2,0	1,9	1,4	1,2	1,2	1,4	1,8	2,1	2,2	1,8	1,3	1,1	1,0	1,0	1,2	1,4	1,7	2,1
10 000	3,2	3,0	2,5	2,1	1,8	1,9	2,1	2,5	3,2	3,3	2,5	1,9	1,6	1,5	1,6	1,8	2,2	2,8	3,2
8000	4,1	3,8	3,1	2,6	2,4	2,4	2,6	3,3	4,1	4,2	3,3	2,5	2,2	2,0	2,1	2,4	3,0	3,6	4,1
6000	4,9	4,6	3,8	3,3	3,1	3,1	3,3	4,1	5,1	5,3	4,2	3,3	2,7	2,6	2,7	3,0	3,6	4,4	4,9
4000	5,8	5,5	4,6	4,1	3,7	3,8	4,2	5,1	6,1	6,3	5,1	4,1	3,3	3,1	3,3	3,6	4,4	5,3	5,8
2000	7,0	6,7	5,9	5,2	5,0	5,1	5,6	6,5	7,4	7,5	6,5	5,1	4,2	4,0	4,1	4,5	5,4	6,4	7,0
1000	8,0	7,7	7,1	6,4	6,2	6,4	6,8	7,8	8,5	8,6	7,4	6,0	5,0	4,7	4,8	5,2	6,3	7,3	8,0

Schaubild des Lichtfleckes

Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m

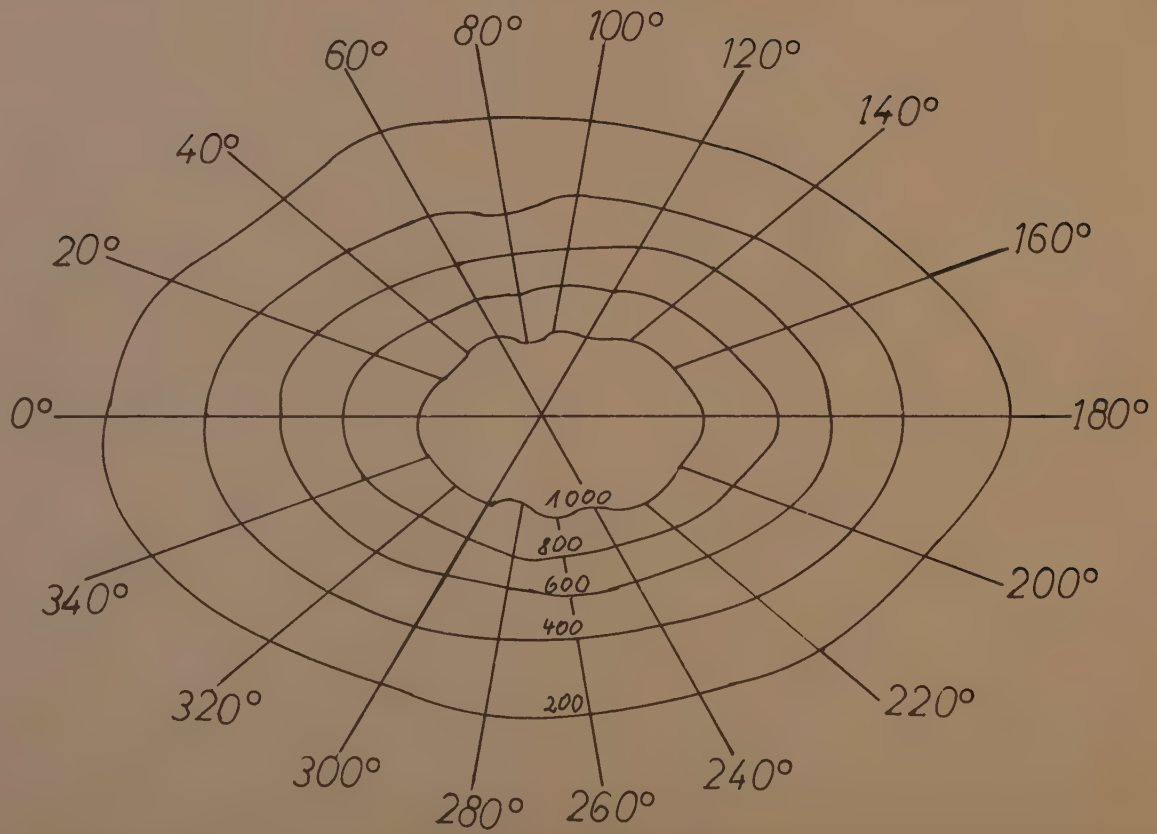


Meßergebnisse des Kleinreflektors der Firma Ritter, Durlach (Bd.)

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
1000	3,2	2,7	2,5	2,3	1,9	2,3	2,4	3,1	3,7	4,3	3,9	3,6	2,8	2,7	2,3	2,7	2,9	3,1	3,2
800	5,1	4,6	3,8	3,5	3,2	3,5	3,8	4,5	5,2	6,3	5,4	4,6	3,9	3,7	3,6	3,7	4,1	4,9	5,1
600	6,8	6,3	5,2	4,6	4,3	4,5	5,1	6,0	6,8	7,6	7,1	5,8	5,0	4,8	4,5	4,8	5,6	6,3	6,8
400	8,7	7,8	6,7	6,0	5,4	5,9	6,3	7,3	8,5	9,5	8,8	7,5	6,3	5,9	5,8	6,3	7,2	8,3	8,7
200	11,3	10,3	8,9	8,5	7,9	7,9	8,3	9,4	10,9	11,4	10,8	9,7	8,4	7,8	7,8	8,1	9,1	10,8	11,3

Schaubild des Lichtfleckes
Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m



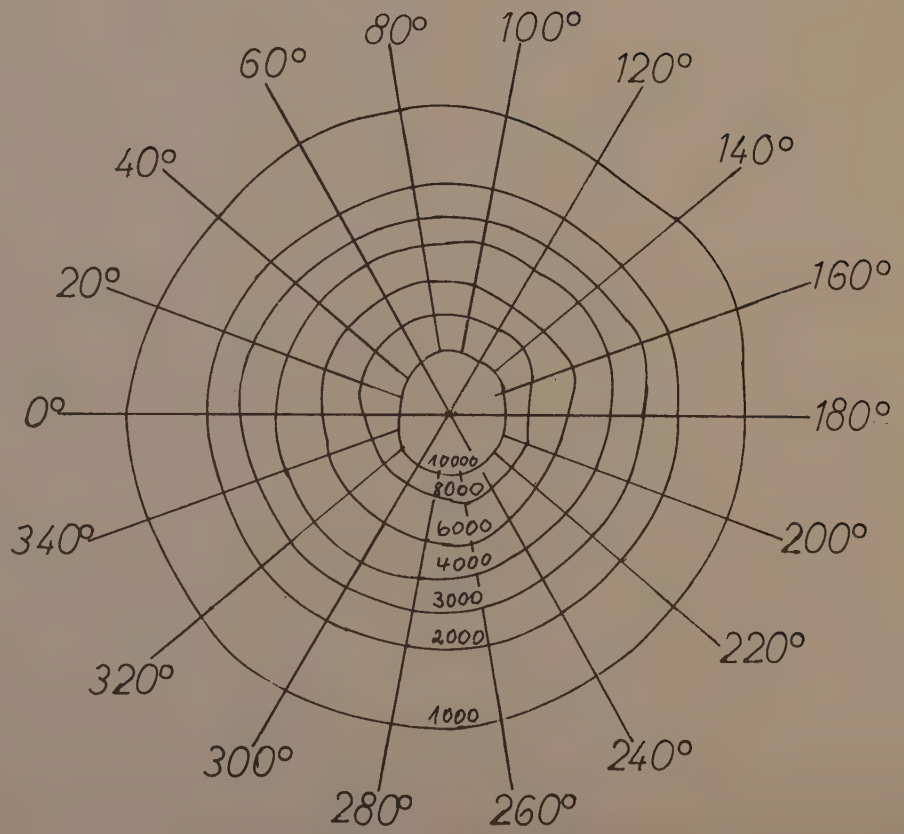
Meßergebnisse der »Primalux« der Firma Siemens-Reiniger Werke

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
10 000	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,6	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,5	1,3
8000	2,3	2,5	2,5	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6	2,3	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3
6000	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,3	3,4	3,1	3,0	2,9	3,2	3,4	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4
4000	4,7	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,4	4,4	4,2	4,1	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7
3000	5,5	5,5	5,3	5,2	5,2	5,2	5,3	5,1	5,3	5,1	5,0	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	5,5
2000	6,4	6,3	6,2	6,0	6,1	6,0	5,9	6,0	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1	6,1	6,2	6,3	6,3	6,4
1000	8,5	8,2	8,0	8,2	8,1	8,0	7,9	7,9	8,0	7,7	7,8	7,8	7,9	8,1	8,2	8,3	8,3	8,4	8,5

Schaubild des Lichtfleckes

Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m



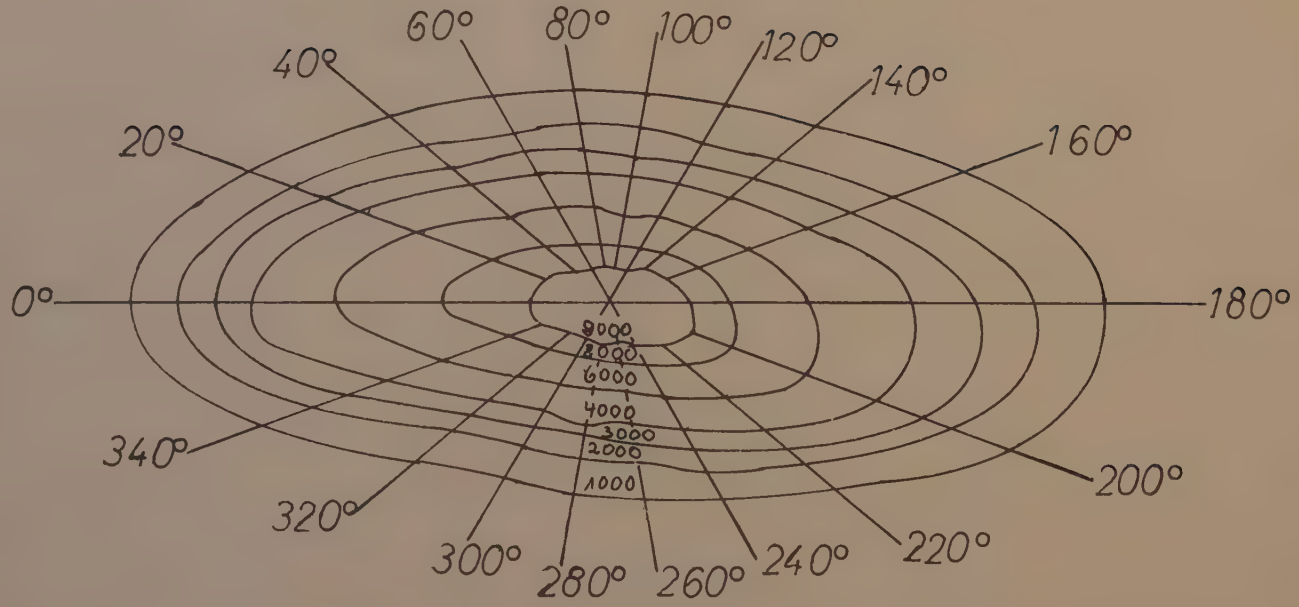
Meßergebnisse der »Sirona« der Siemens-Reiniger Werke, Berlin

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
9000	2,1	1,7	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1	2,4	1,9	1,4	1,1	1,1	1,1	1,3	2,0	2,1
8000	4,4	3,1	2,1	1,7	1,5	1,5	1,6	2,0	2,5	3,2	3,5	2,7	2,0	1,7	1,5	1,6	2,0	2,8	4,4
6000	7,2	5,2	3,4	2,8	2,5	2,3	2,6	2,9	3,9	5,2	5,6	4,0	3,0	2,4	2,3	2,5	3,0	4,7	7,2
4000	9,3	6,7	4,7	3,8	3,4	3,3	3,6	4,2	5,5	7,9	7,6	5,3	3,9	3,3	3,2	3,3	4,0	6,3	9,3
3000	10,3	7,8	5,4	4,5	4,0	3,8	4,2	5,0	6,7	9,6	8,8	6,0	4,5	3,8	3,5	3,8	4,6	7,3	10,3
2000	11,3	8,7	6,3	5,1	4,7	4,6	4,8	5,8	8,0	11,2	9,7	6,7	5,2	4,3	4,1	4,4	5,3	8,2	11,3
1000	12,5	10,0	7,5	6,2	5,6	5,5	6,0	7,1	10,0	13,1	11,3	7,8	6,0	5,3	5,1	5,3	6,5	9,7	12,5

Schaubild des Lichtfleckes

Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m

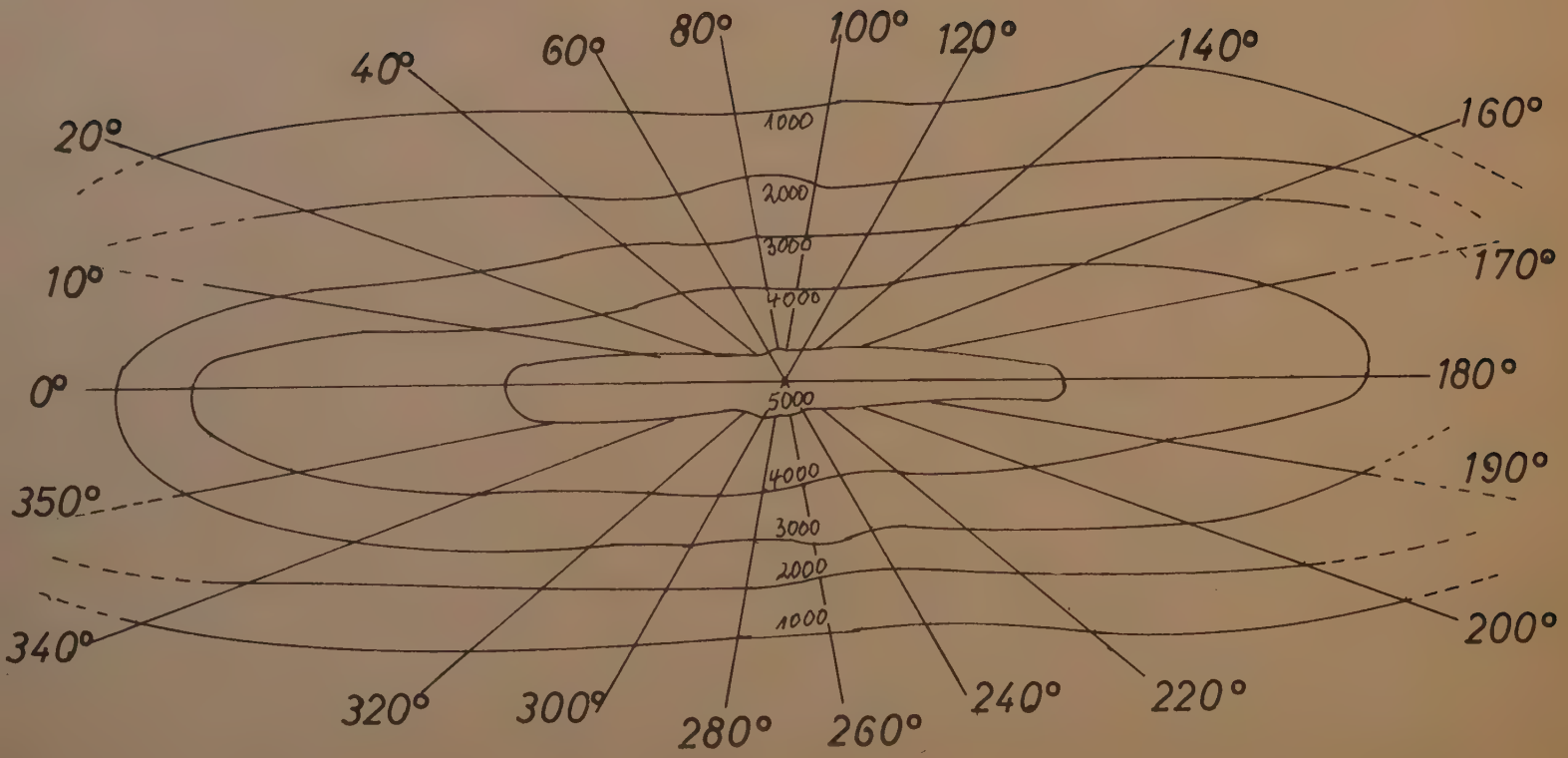


Meßergebnisse der »Solarite« der Firma Dental Amalgamated, London

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	10°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	180°	190°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	350°	360°
5000	7,3	3,3	1,6	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1	2,2	3,6	7,5	3,8	2,3	1,4	1,0	1,0	1,0	1,1	1,3	3,2	6,3	7,3
4000	15,5	7,8	5,0	3,5	2,7	2,4	2,4	2,8	3,8	8,5	13,0	15,5	10,3	7,0	4,0	3,0	2,9	2,9	3,4	4,6	8,5	13,1	15,5
3000	17,5	13,0	8,5	5,5	4,1	3,8	3,8	4,4	6,1	13,2			15,6	11,5	6,3	4,5	4,4	4,3	5,0	6,7	12,1	16,0	17,5
2000			13,2	7,5	5,6	5,3	5,2	6,0	8,5	15,5				14,6	8,1	5,8	5,3	5,5	6,3	8,3	15,2		
1000			17,5	11,1	8,1	7,1	7,4	8,4	12,7	18,0				17,5	10,5	7,5	6,8	6,8	7,9	10,9	18,0		

Schaubild des Lichtfleckes
Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m



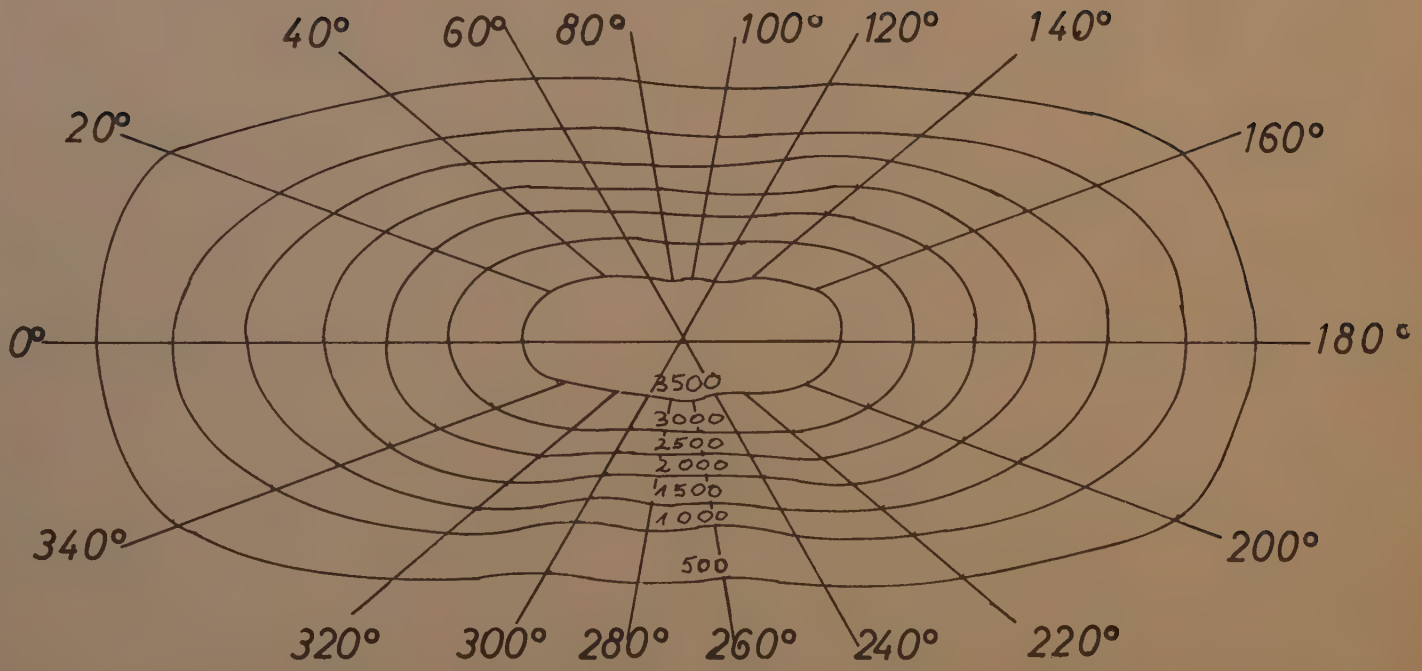
Meßergebnisse der »Luminaire« der Firma Emda, Frankfurt

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
3500	4,3	3,7	2,5	1,8	1,5	1,6	1,7	2,4	3,6	4,2	3,5	2,3	1,7	1,7	1,7	1,7	2,3	3,6	4,3
3000	6,2	5,5	4,0	3,0	2,5	2,5	2,9	3,9	5,4	6,1	5,2	3,8	2,9	2,5	2,5	2,7	3,8	5,4	6,2
2500	7,8	7,0	5,1	3,8	3,3	3,3	3,7	5,0	6,9	7,7	6,7	4,9	3,6	3,1	3,1	3,4	4,9	6,9	7,8
2000	9,5	8,3	6,2	4,5	4,0	3,9	4,4	6,1	8,1	9,3	7,9	6,0	4,2	3,7	3,7	4,0	6,0	8,2	9,5
1500	11,5	9,8	7,2	5,3	4,6	4,6	5,4	7,1	9,6	11,3	9,5	6,9	5,2	4,4	4,4	4,7	7,0	9,7	11,5
1000	13,4	11,3	8,3	6,3	5,5	5,4	6,2	8,2	11,6	13,3	11,4	8,0	6,0	5,0	5,1	5,5	8,0	11,5	13,4
500	15,4	14,4	10,0	7,8	6,8	6,7	7,7	9,9	14,1	15,2	13,9	9,7	7,5	6,4	6,5	7,0	9,8	14,2	15,4

Schaubild des Lichtfleckes

Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m



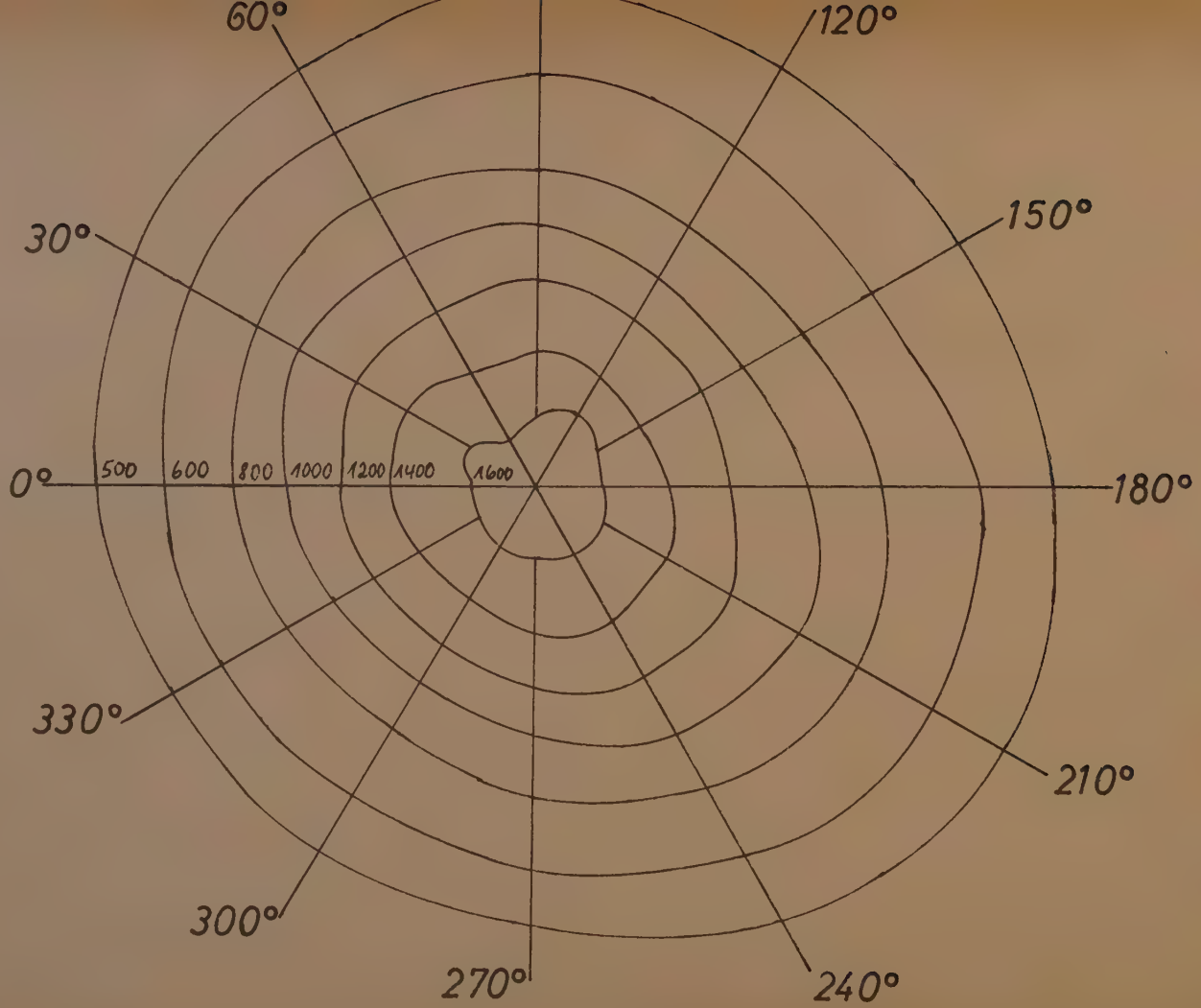
Meßergebnisse des »Drei-Sphären-Licht« der Firma Emda, Frankfurt

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
1600	1,8	2,0	1,5	2,0	2,3	1,9	1,8	2,1	2,2	2,0	1,9	1,8	1,8
1400	4,0	4,1	3,6	3,7	3,5	3,3	3,7	4,1	4,2	4,1	3,5	3,7	4,0
1200	5,3	5,7	5,5	5,6	5,3	5,2	5,3	6,2	6,0	5,5	5,0	5,1	5,3
1000	6,8	7,5	7,3	7,1	6,7	6,5	7,4	8,3	7,8	6,8	6,2	6,3	6,8
800	8,3	8,8	9,2	8,7	8,3	8,4	9,5	10,2	9,5	8,5	7,6	7,8	8,3
600	10,2	11,0	11,3	11,3	10,8	10,7	12,2	12,5	11,6	10,5	9,8	9,8	10,2
500	12,0	12,7	13,2	13,7	13,4	13,4	14,2	14,8	13,6	12,0	11,5	11,3	12,0

Schaubild des Lichtfleckes
Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m

90°

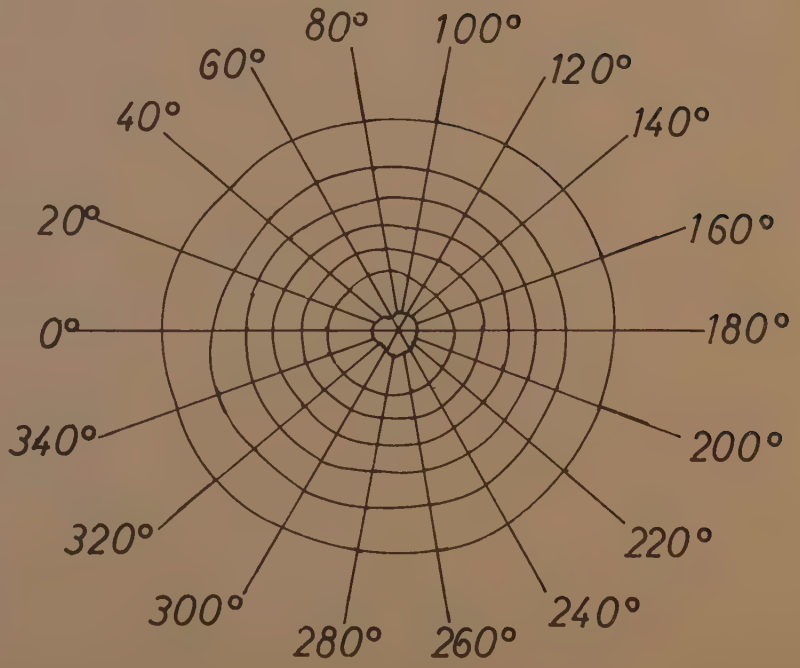

60°
120°
30°
150°
0°
500
600
800
1000
1200
1400
1600
180°
330°
210°
300°
270°
240°

Meßergebnisse der »Pluralux« der Firma Lechner Co., München 9

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
7000	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7
6000	1,9	1,8	1,6	1,7	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	2,0	1,9
5000	2,5	2,5	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,5
4000	3,3	3,2	3,0	2,9	2,8	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3
3000	4,0	3,9	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,0
2000	4,9	4,6	4,5	4,5	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	4,9
1000	6,2	6,1	5,8	5,7	5,6	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9	6,1	6,2	6,2

Schaubild des Lichtfleckes
Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m

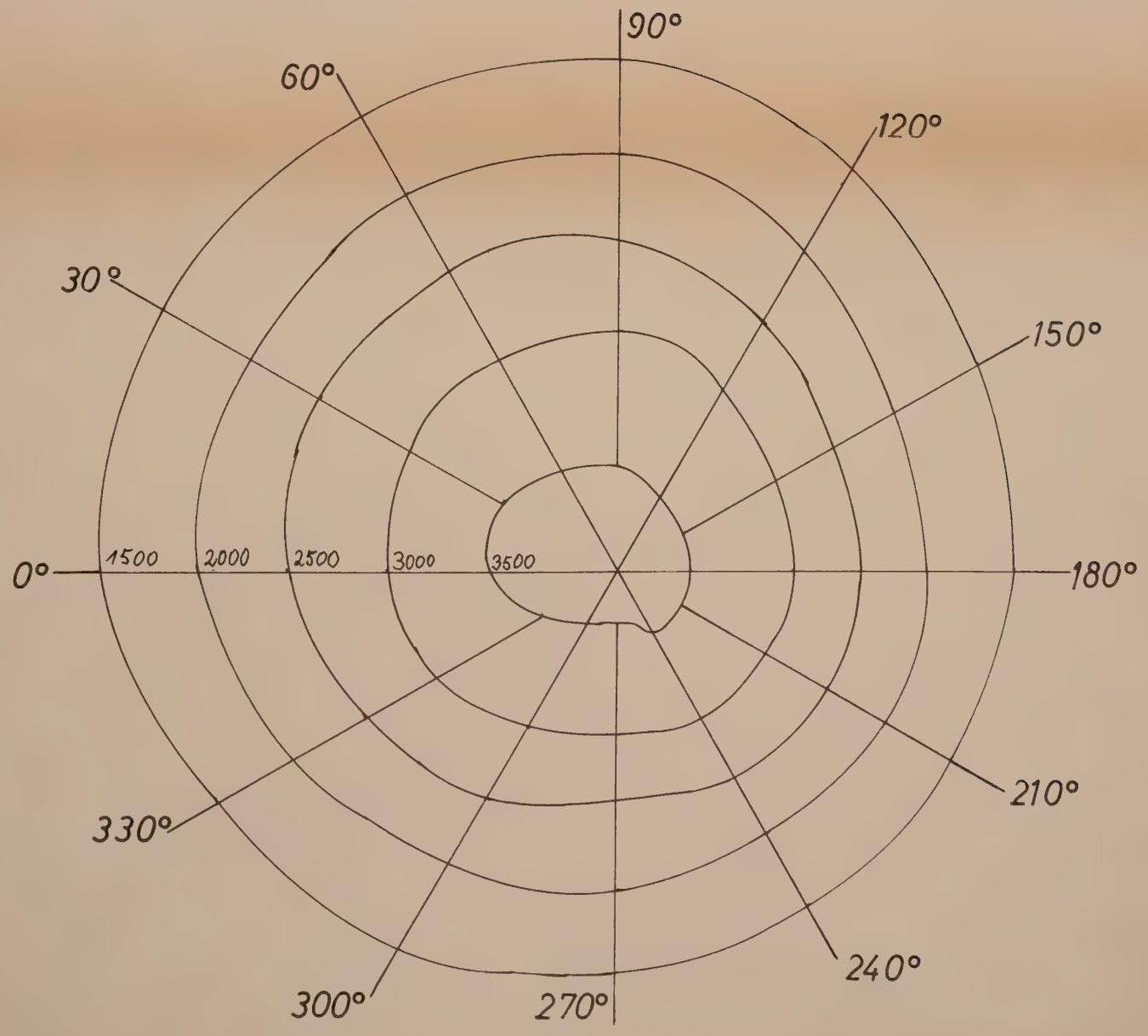


Meßergebnisse der »Chromophare« der Firma Hüper-Schmidt KG, Hannover

Abstand der Meßwerte in cm vom Mittelpunkt, Werte in Lux

Lux	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
3500	4,0	4,2	3,5	3,3	2,7	2,4	2,3	2,3	2,2	1,6	1,8	2,7	4,0
3000	7,2	7,5	7,5	7,5	6,5	5,7	5,5	5,3	5,2	5,0	5,5	6,5	7,2
2500	10,3	10,7	10,7	10,3	9,0	7,8	7,6	7,5	7,3	7,0	8,0	9,0	10,3
2000	13,0	13,2	13,5	13,0	11,5	10,0	9,7	9,6	9,3	9,7	10,3	11,6	13,0
1500	16,0	16,3	16,3	16,0	14,5	13,0	12,4	12,0	11,8	12,2	13,3	14,2	16,0

Schaubild des Lichtfleckes
Maßstab 1 : 2, Meßabstand 1 m



Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die Frage der einwandfreien Ausleuchtung des zahnärztlichen Operationsfeldes eingehend untersucht. Dazu wurden die auf dem Markt befindlichen Operationsscheinwerfer einer gründlichen Prüfung unterzogen. Nur diejenigen Ausführungen kamen zur Untersuchung, deren Lichtleistung von vornherein auf ein zufriedenstellendes Resultat hoffen ließ. Mundleuchten, die während der Arbeit nicht in mindestens einem Meter Abstand vom Patienten verbleiben konnten, blieben außer Betracht.

Nach dieser Auslese blieben insgesamt 10 verschiedene Scheinwerfer übrig, die in Kombinationsleuchten und in reine Arbeitsfeldleuchten unterteilt wurden. Von der ersten Gruppe wurden 4 Scheinwerfer, von den einfachen Arbeitsfeldleuchten ohne zusätzliche Raumbeleuchtung wurden insgesamt 6 verschiedene Fabrikate untersucht.

Die erreichten Luxwerte wurden ausschließlich an fabrikneuen Scheinwerfern gemessen, die teilweise noch in den Dentaldepots lagerten. Vor der Messung wurden alle Leuchten einer gründlichen Reinigung unterzogen, wobei gleichzeitig der Lichtfleck durch Zentrieren und Justieren der Glühlampenfassung auf das kleinstmögliche Ausmaß gebracht wurde.

Für die Messung gelangte das photoelektrische Prinzip zur Anwendung, da ohne Umrechnungen und mit einfacher Skalenablesung die genauesten Ergebnisse erwartet werden konnten. Hierzu wurde ein Photometer mit getrennter Photozelle verwendet, das von der Firma Metrawatt AG, Nürnberg, unter der Bezeichnung »Tavolux 2« in den Handel gebracht wird. Die Photozelle wurde auf einen eigens für die Scheinwerfermessung konstruierten Meßtisch montiert, mit dessen Hilfe die Photozelle den vom Scheinwerfer erzeugten Lichtstrahl nach dem Polarkoordinatenprinzip abgetastet. Die vorher festgelegten Luxwerte wurden durch Hin- und Herschieben des Photozellenschlittens bei gleichzeitiger Beobachtung des Meßinstrumentes ermittelt und die jeweiligen Abstände vom Drehpunkt der Führungsschiene abgelesen.

Überraschenderweise ergaben sich sehr unterschiedliche Maximalwerte und Schaubilder; eine Charakterisierung des Scheinwerfertyps ist allein schon auf Grund des erzeugten Schaubildes, das die Linien gleicher Helligkeit zeigt, möglich.

Die Minimalgrenze für eine ausreichende Beleuchtung der Mundhöhle liegt bei ca. 5 000 Lux, unterhalb dieser Helligkeitsgrenze ist ein einwandfreies Arbeiten nicht mehr gewährleistet.

Von den 10 Scheinwerfern erreichten diese Grenze insgesamt 6, unter ihnen waren 3 Kombileuchten. Auf über 10 000 Lux kamen nur zwei der sechs Scheinwerfer, der erste ist die Kombileuchte »Duo-Lux« von Ritter, die leider nicht mehr hergestellt wird; der zweite ist die Kombileuchte »Primalux« von Siemens, die im Zentralstrahl 10 600 Lux erreichte. Die »Duo-Lux« erreichte mit ca. 14 200 Lux die größte Helligkeit aller verfügbaren Scheinwerfer.

Die restlichen 4 Scheinwerfer dieser größeren Gruppe sind ausschließlich Arbeitsfeldleuchten, die eine leistungsfähige Raumbeleuchtung mit mindestens $^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$ der Scheinwerfermaximalhelligkeit erforderlich machen. Ständige Umadaptation des Auges mit allen schädlichen Folgeerscheinungen muß wegen der damit verbun-

denen Minderung der Arbeitsleistung unter allen Umständen vermieden werden.
Unter 5 000 Lux blieben von den restlichen 4 Scheinwerfern 2 Leuchten mit ca. 3 500 Lux, zwei weitere erreichten knapp 1 600 und 1 000 Lux. Diese Werte wurden jeweils in einem Meter Abstand vom Scheinwerferlichtaustritt ermittelt.
Zwei Ausnahmen unter den zehn vermessenen Scheinwerferkonstruktionen sollen noch erwähnt werden: Die »Solarite« der Dental Amalgamated, London, konnte nur in ca. 1,15 Meter Abstand vermessen werden, weil der Schnitt der beiden Teilstrahlen erst in dieser Entfernung vor dem Scheinwerfer stattfindet. Dort wurde auch die größte Helligkeit von ca. 5 000 Lux ermittelt.
Die zweite Ausnahme betrifft den mit 1 000 Lux in einem Meter Abstand schwächsten Scheinwerfer, dessen Helligkeit in dieser Entfernung für unsere Zwecke keineswegs ausreicht. Infolge seiner geringen Abmessungen kann dieser Scheinwerfer jedoch bis auf ca. 30 cm an den Patienten herangebracht werden, wobei man eine Maximalhelligkeit von ungefähr 7 500 Lux erhält. Etwaige Behinderungen müssen dabei in Kauf genommen werden.
Die ermittelten Werte können als Spitzenwerte angesehen werden, da im praktischen Betrieb die erreichbare Helligkeit je nach Grad der Verschmutzung und des Verstaubens zum Teil erheblich abfällt. Die Glühlampenalterung trägt zu einer zusätzlichen Verschlechterung der Lichtleistung bei, sodaß z. B. von etwa 25 Exemplaren der Ritter »Duo-Lux«, die bei der Messung an erster Stelle lag, über die Hälfte der geprüften Scheinwerfer noch nicht einmal 6 000 Lux erreichte. Die schlechtesten dieser Leuchte, die im Versuch über 14 000 Lux im Zentralstrahl erreichte, wiesen eine Lichtleistung von nur 2 000 bis 3 000 Lux auf. Nach Entfernen der vorderen Halbschale und Auswischen des Staubes mit einem feuchten Lappen von Hohlspiegel, Glühlampe und Streuscheibe sowie Nachpolieren der lichtbrechenden Elemente ließ sich die Lichtleistung ohne weiteres auf 8 000 bis 10 000 Lux steigern; das Einsetzen einer neuen Glühlampe und anschließendes Justieren bringt den erzielbaren Lichtwert mit Sicherheit in die Nähe des ermittelten Spitzenwertes.
In diesem Zusammenhange dürfte die Tatsache von Interesse sein, daß auf den von den Firmen herausgegebenen Prospekten für Dentalscheinwerfer die meisten Luxwerte zu hoch angegeben werden, wahrscheinlich wird der erwähnte Wert unter Idealbedingungen im Laborversuch bestimmt.
Das Problem des einwandfreien Staubschutzes betrifft alle Scheinwerfer, da die erhöhte Betriebstemperatur eine zusätzliche Wärmekonvektion rings um das Scheinwerfergehäuse bedingt, bei den Kombinationsleuchten tritt weiterhin der Effekt der durch die UV-Einstrahlung der Leuchtstoffröhren bedingten elektrostatischen Aufladung sämtlicher aus Glas und Kunststoff gefertigten Bauteile auf, was ein unverhältnismäßig starkes Verstauben in kurzer Zeit bedingt.
Eine handliche, vollkommen staubdichte Kombileuchte in moderner Formgestaltung mit einer Scheinwerferleistung von mindestens 10 000 Lux und vorzüglich wärme- und farbgefiltertem Licht, das diese Helligkeit und Qualität über einen langen Zeitraum beibehält, wäre für die Industrie eine Konstruktionsaufgabe, die sich bestimmt realisieren ließe. Die Verwendung von alterungsbeständigen Kunststoffen oder Glas für die Abdeckscheiben, deren Lichtdurchlässigkeit auch noch nach Jahren gleichbleibt, wäre eine der weiteren Forderungen an die Hersteller. Eine Abkehr vom Prinzip der reinen Arbeitsfeldleuchte, deren Verwendung zusätzliche Kosten durch die Installation einer leistungsfähigen Raumbeleuchtung erforderlich macht, wäre als Empfehlung an alle Dentalfirmen zu erwägen. Die Vorteile der Achsen-

parallelität des in die Mundhöhle gerichteten Scheinwerferstrahles und der Lichtstrahlen der Raumbeleuchtung sollten von den Herstellern nicht verkannt werden; die Entgegnung der Blendung des Behandlers entbehrt jeder Grundlage, da die Leuchtdichte mit 0,4 stilb auf der Oberfläche von Leuchtstoffröhren außerordentlich gering ist und das Auge des behandelnden Zahnarztes durch die in der Mundhöhle herrschende große Helligkeit von vornherein auf »hell« adaptiert ist.
Hiermit ist das Ziel dieser Arbeit klar umrissen, es liegt an den Herstellern von Dentalscheinwerfern, sich der hier erarbeiteten Erkenntnisse zu bedienen; auch für die Zahnärzte, deren Gesundheit höchstes Gut und die ungeschmälerte Sehkraft ihr Betriebskapital ist, sollte diese Arbeit von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein.

Literaturverzeichnis

1. Dahn, Richard:
   Die Beleuchtung unseres Arbeitsfeldes. Zahnärztliche Rundschau, 1934, Seite 509—512.
2. DIN 5031:
   Strahlungsphysik und Lichttechnik. Deutsche Normen, 1953. Seite 2.
3. Drum, Walter:
   Anregungen zur Beleuchtungsreform. Zahnärztliche Rundschau, 1931, Seite 2222—2229.
4. Drum, Walter:
   Anregungen zur Beleuchtungsreform II. Zahnärztliche Rundschau, 1934, Seite 191—194.
5. Drum, Walter:
   Beleuchtung in der zahnärztlichen Praxis. Die Quintessenz der zahnärztlichen Literatur. 1958, Seite 15—21.
6. Feles, D.:
   Schattenfreies Licht. Deutsche zahnärztliche Wochenschrift, 1953, Seite 373.
7. Flaschentreher, M. H.:
   Aufbau der zahnärztlichen Praxis. Zahnärztliche Welt und zahnärztliche Reform. 1957, Seite 41—44.
8. Geissler, Erich:
   Zum Beleuchtungsproblem in der zahnärztlichen Praxis. Dissertation Leipzig, 1936.
9. Günther, Franz:
   Über die Entwicklung der Operationsfeldbeleuchtung. Lichttechnik, 1953, Seite 300—302.
10. Handbuch der Lichttechnik
    Herausgegeben von H. Zijl, Eindhoven, Philips' Technische Bibliothek, 1955.
11. Handbuch der Physik
    Herausgegeben von W. H. Westphal, 18. und 19. Auflage. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer-Verlag, 1956.
12. Handbuch zum Entwerfen von Beleuchtungsanlagen:
    Herausgegeben von Johann Jansen, Band I. Eindhoven, Philips' Technische Bibliothek, 1954.
13. Hauer, Hans:
    Anregungen zur Beleuchtungsreform II. Zu dem Aufsatz von Dr. W. Drum in Nr. 5. Zahnärztliche Rundschau, 1934, S. 377.
14. Herbst, W.:
    Ein neues Beleuchtungsgerät für die Mundhöhle. Deutsche zahnärztliche Zeitschrift, 1951, Seite 1262.
15. Herz, Franz:
    Beleuchtungsfrage und Beleuchtungsreform. Zahnärztliche Rundschau, 1932, Seite 2182—2185.
16. Herz, Franz:
    Die Beleuchtungsfrage in der Zahnheilkunde. Zeitschrift für Stomatologie, 1932, Seite 696.
17. Horn:
    Ein neues Mundbeleuchtungsgerät für den Zahnarzt. Zahnärztliche Rundschau,1952, Seite 209.
18. Jakobshagen:
    Eine neue Operationsleuchte für den Zahnarzt. Zahnärztliche Rundschau, 1951, Seite 226.

19. Leopold, E.:
Über eine neuartige Mundbeleuchtung. Deutsche zahnärztliche Wochenschrift, 1936, Seite 646.
20. Lepp, F. H.:
Zur Beleuchtungsfrage in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Zahnärztliche Welt, 1955, Seite 420.
21. Manneberg:
Zahnärztliche Mundbeleuchtung. Zahnärztliche Rundschau, 1941, Seite 1367—1375.
22. Morgenroth, K.:
Die Beleuchtung in der zahnärztlichen Praxis. Deutsche zahnärztliche Wochenschrift, 1937, Seite 1161—1164.
23. Münch, F. C.:
Mehr Licht! Zahnärztliche Rundschau, 1937, Seite 2199—2201.
24. Münzesheimer, Fritz
Beitrag zur Frage der Beleuchtung des Operationsfeldes. Zahnärztliche Rundschau, 1934, Seite 421—424.
25. Richter, Gotthold:
Beleuchtungsreform, Zu den Aufsätzen in Nr. 5, 9, 10, 11, 14 und 17. (1934). Zahnärztliche Rundschau, 1934, Seite 1970—1972.
26. Srp, Ladislav und Kominék, J.:
Zur Frage der Angst vor Zahnbehandlung bei Kindern. Deutsche zahnärztliche Zeitschrift 14, 1959, Heft 21.
27. Schüller, Helmuth:
Die historische Entwicklung der Operationsbeleuchtung bis zur Operationsfeldleuchte von heute. Dissertation, Frankfurt 1957.
28. Tabel:
Operationslampe. Zahnärztliche Rundschau. 1940, Seite 1613—14.
29. Wandel:
Die Beleuchtung der Arbeitsräume und des zahnärztlichen Operationsgebietes. Deutsche zahnärztliche Wochenschrift, 1936, Seite 617—620.
30. Wiegand, F.:
Leuchtstoffröhren in Operationsleuchten und Praxisraumleuchten. Zahnärztliche Rundschau, 1952, Seite 356.

An dieser Stelle ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Rebel für die Überlassung des Themas zu danken. Dank gebührt auch Herrn Dr. Körber für die Hinweise und Anregungen während meiner Arbeit.

Ich möchte auch nicht versäumen, der Firma Ritter, Durlach (Bd.), sowie allen Dentaldepots, die mir die Messungen ermöglichten, meinen Dank auszusprechen.

Lebenslauf

Am 14. Mai 1935 wurde ich, Hans-Karl Sturm, als erster Sohn des Zahnarztes Alfons Josef Sturm und seiner Ehefrau Ruth, geb. Bengel, in Stuttgart-Feuerbach geboren. Von 1941 bis 1944 besuchte ich die dortige Grundschule und, infolge der Kriegsereignisse evakuiert, bis Kriegsende die Grundschule in Besenfeld, Krs. Freudenstadt. Nach Kriegsende trat ich in das Gymnasium für Jungen in Feuerbach ein. 1950 wechselte ich zum Dillmann-Gymnasium in Stuttgart über. Dort erhielt ich 1954 das Zeugnis der Reife.

Im gleichen Jahr wurde ich als Student der Zahnmedizin an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen immatrikuliert. Dort legte ich auch die zahnärztliche Vorprüfung im Jahre 1957 ab und erhielt nach Ablegen des Staatsexamens 1960 die Bestallung als Zahnarzt. Meine Pflichtassistentenzeit leistete ich in zwei Stuttgarter Praxen und in der elterlichen Praxis ab. Im Mai 1962 wurde ich am Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle angestellt.